



UFES

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

RODSON DE ANDRADE ALLOCCA

**ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO NA ÁREA URBANA DE
PONTE NOVA, MINAS GERAIS**

**VITÓRIA – ES
2018**

RODSON DE ANDRADE ALLOCCA

**ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO NA ÁREA URBANA DE PONTE NOVA, MINAS
GERAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Profº. Dr.º Edson Soares Fialho.

**VITÓRIA – ES
2018**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Naturais da
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A441a Allocca, Rodson de Andrade, 1985-
Análise do campo térmico na área urbana de Ponte Nova,
Minas Gerais / Rodson de Andrade Allocca. – 2018.
177 f. : il.

Orientador: Edson Soares Fialho.
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal
do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Climatologia urbana. 2. Cidades pequenas – Minas Gerais.
3. Ponte Nova (MG) – Clima. I. Fialho, Edson Soares. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências
Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

Elaborado por Saulo de Jesus Peres – CRB-6 ES-676/O

“ANÁLISE DO CAMPO TÉRMICO NA ÁREA URBANA DE PONTE NOVA, MINAS GERAIS”

RODSON DE ANDRADE ALLOCCA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

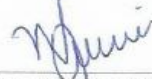
Aprovada em 31 de Agosto de 2018.



Prof. Dr. Edson Soares Fialho (Orientador)



Prof. Dr. Eberval Marchioro



Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke (Universidade de Brasília - UnB)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, pelo discernimento e por me capacitar a cada dia.

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio incondicional, por todo incentivo e por acreditarem que isso tudo seria possível.

A minha esposa Mayara, pelo companheirismo, pelo amor e dedicação na realização desse nosso projeto e por ser minha parceira nas coletas. A minha filha Alice, minha princesa, por me motivar, compreender as ausências e demonstrar sempre um grande amor e carinho. Vocês são minha vida!

Ao Prof.º Dr.º Edson Soares Fialho, por contribuir com sua experiência e grande conhecimento na orientação deste trabalho. Obrigado, principalmente, por confiar.

Ao meu irmão Wemerson, que sempre esteve presente, participando e contribuindo no desenvolvimento da pesquisa.

Ao meu amigo Wesley, por me ajudar a construir a ideia inicial do projeto e por suas contribuições ao longo desta caminhada.

Aos professores e demais profissionais do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo.

Aos companheiros do Bioclima – UFV, pelas reflexões e trocas de ideias.

A todos aqueles que contribuíram, muito obrigado!

A Milton e Ivanilde, meus pais, por todo amor, dedicação e exemplo.

*A Mayara, minha esposa, por estar ao meu lado, pelo amor, carinho, por ser o ombro
amigo e por sempre me apoiar.*

A minha doce Alice, filha amada, por ser a razão de tudo isso.

Aos meus irmãos e demais familiares, pelo companheirismo e amizade.

DEDICO

“[...] gostemos ou não, saibamos ou não, para existir, fazemos Geografia todos os dias.”

Nestor André Kaercher

RESUMO

A presente pesquisa, inserida no contexto recente do aumento das pesquisas em clima urbano nas cidades de pequeno e médio porte, fez um estudo sobre o campo térmico, em episódios sazonais, observado na área urbana do município de Ponte Nova, localizado na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Com objetivo de analisar o comportamento do campo térmico, dentro da perspectiva teórica do Sistema Clima Urbano, buscou-se identificar como se relacionam os fatores geoecológicos (relevo, orientação de encosta, altimetria etc.) com os fatores geourbanos (*Sky View Factor*, densidade de população, padrões de usos e ocupação da terra etc.) na configuração dos padrões térmicos. Buscando alcançar o objetivo proposto, foi estruturada e utilizada uma rede de monitoramento da temperatura do ar, baseada na instalação de pontos fixos de coleta de dados e também na técnica de *transects* móveis. Além disso, foi produzida e organizada uma base de dados cartográficos sobre o município. Para o desenvolvimento das análises do campo térmico, os dados de temperatura do ar coletados foram submetidos a um método de correção experimental desenvolvido especificamente para atender a realidade da pesquisa. Após a correção dos dados térmicos, foi gerada a espacialização dos mesmos, através da técnica de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), no software ArcMap. Foram realizadas as análises dos resultados para a compreensão do comportamento do campo térmico e a verificação, ou não, da relação de influência do sítio e/ou do meio urbano no padrão de espacialização dos valores de temperatura registrados. Os resultados demonstraram a ocorrência de consideráveis diferenças térmicas intraurbanas, sendo a maior diferença térmica observada no episódio de inverno, quando a Massa Polar Atlântica atuava sobre a região onde o município de Ponte Nova está localizado. A variedade dos fatores climáticos observados no escopo da pesquisa tornou a análise uma tarefa complexa. Contudo, existe um forte indicativo da influência das ações humanas nos valores térmicos observados.

Palavras-chave: clima urbano, campo térmico e cidade de pequeno porte.

ABSTRACT

The present research, inserted in the recent context of the increase of the researches in urban climate in the small and medium cities, made a study on the thermal field, in seasonal episodes, observed in the urban area of the municipality of Ponte Nova, located in the region of the Zone of the Forest of Minas Gerais. With the objective of analyzing the behavior of the thermal field, within the theoretical perspective of the Urban Climate System, we tried to identify how the geoeological factors (relief, slope orientation, altimetry, etc.) are related to the georbanos factors (Sky View Factor, density of population, patterns of land use and occupation, etc.) in the configuration of thermal standards. In order to reach the proposed objective, an air temperature monitoring network was structured and used, based on the installation of fixed points of data collection and also on the technique of mobile transects. In addition, a cartographic database was produced and organized about the municipality. For the development of the thermal field analyzes, the air temperature data collected were submitted to an experimental correction method developed specifically to meet the reality of the research. After the thermal data correction, spatialization of the data was generated through the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation technique in ArcMap software. Results were analyzed for the understanding of the behavior of the thermal field and the verification of the relationship of influence of the site and / or the urban environment on the spatialization pattern of the temperature values recorded. The results demonstrated the occurrence of considerable intra-urban thermal differences, being the biggest thermal difference observed in the winter episode, when the Atlantic Polar Mass acted on the region where the municipality of Ponte Nova is located. The variety of climatic factors observed in the scope of the research made the analysis a complex task. However, there is a strong indication of the influence of human actions on the observed thermal values.

Keywords: urban climate, thermal field and small town.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
Objetivos.....	2
Justificativa	2
2. Caracterização da área	6
3. Referencial teórico.....	14
3.1 Clima Urbano.....	14
3.2 Escalas taxonômicas	17
3.3 Percepção humana: canal I – conforto térmico (subsistema termodinâmico)	22
3.4 Campo térmico.....	24
4. Metodologia e procedimentos.....	27
4.1 Estruturação de uma rede de monitoramento a partir de pontos fixos de coleta.....	27
4.2 Instalação, caracterização e localização dos pontos fixos de coletas.....	33
4.3 <i>Transects</i> móveis	37
4.4 Método de Correção dos dados.....	59
4.5 <i>Sky view factor</i> (SVF)	62
4.6 Procedimentos de espacialização dos dados	66
4.6.1 Modelo digital de elevação, mapa hipsométrico e mapa de radiação global.....	66
4.6.2 Elaboração do mapa de orientação de vertentes, de declividade do terreno e de radiação global.....	67
4.6.3 Elaboração dos mapas de uso e ocupação da terra, de densidade demográfica e de expansão da mancha urbana	69
4.6.4 Elaboração dos mapas do campo térmico	69
5. Resultados	71
5.1 Dados dos pontos fixos	71
Comparativo das temperaturas médias mensais	71
Comportamento horário das temperaturas nos meses de realização dos <i>transects</i> móveis.....	75
5.2 Análise das condições sinóticas	80
Análise rítmica – Período: 15/03/2017 a 19/03/2017	81
Análise rítmica – Período: 10/05/2017 a 14/05/2017	83

Análise rítmica – Período: 25/07/2017 a 29/07/2017	85
Análise rítmica – Período: 16/12/2017 a 20/12/2017	87
5.3 Episódios de coleta	89
5.3.1 Coleta realizada em 18 de março de 2017 – Episódio de verão	90
5.3.2 Coleta realizada em 12 de maio de 2017 – Episódio de Outono	112
5.3.3 Coleta realizada em 27 de julho de 2017 – Episódio de Primavera.....	119
5.3.4 Coleta realizada em 18 de dezembro de 2017 – Episódio de Primavera.....	140
6. Discussão dos resultados e considerações finais	147
7. Bibliografia	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Ponte Nova - MG	6
Figura 2 - Hipsometria do município de Ponte Nova-MG	7
Figura 3 - Declividade da área urbana de Ponte Nova - MG	8
Figura 4 - Modelo digital de elevação da área urbana de Ponte Nova - MG	8
Figura 5 - Vista panorâmica parcial da área de maior adensamento urbano de Ponte Nova - MG	9
Figura 6 - Vista parcial dos bairros Guarapiranga, Palmeidas (primeiro plano).....	9
Figura 7 - Vista parcial do vale do rio Piranga.....	9
Figura 8 - Densidade demográfica na área urbana de Ponte Nova - MG.....	10
Figura 9 - Expansão urbana de Ponte Nova-MG.....	11
Figura 10 - Uso e cobertura da terra no município de Ponte Nova - MG	12
Figura 11 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o Clima Urbano	19
Figura 12 - Representação esquemática da atmosfera urbana.....	20
Figura 13 - Escalas e hierarquia para estudos de Clima Urbano	21
Figura 14 - Diagrama do conforto térmico.....	23
Figura 15 – Aferição dos equipamentos sobre a bancada de granito	28
Figura 16 - Correlação entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar (Equipamentos Hobo).....	30
Figura 17 - Equipamentos Hobo instalados na estação meteorológica da UFV.	31
Figura 18 - Correlação entre os dados de temperatura e umidade do ar (estação meteorológica e equipamentos Hobo).....	32
Figura 19 - Miniabrigo meteorológico	33
Figura 20 – Localização dos pontos fixos de coleta de dados.....	34
Figura 21 - Localização dos pontos fixos e móveis.....	39
Figura 22 - Localização dos pontos e traçado do Trajeto 1	40
Figura 23 - Localização dos pontos e traçado do Trajeto 2.....	41
Figura 24 – Termo-higrômetro Minipa mt-241	55
Figura 25 - Equipamento de coleta utilizado nos <i>transects</i> móveis	55
Figura 26 - Abrigo meteorológico da estação do INMET.....	56
Figura 27 - Exemplo de correção da temperatura do ar	58
Figura 28 - Espacialização dos pontos de controle de correção setorizada.....	61

Figura 29 - Obtenção das fotografias hemisféricas	63
Figura 30 - Registro fotográfico sem edição	63
Figura 31 - Registro fotográfico após edição	64
Figura 32 - Gráfico polar com trajetória aparente do sol gerado no software rayman 1.2.....	64
Figura 33 - Síntese de informações sobre o SVF do ponto analisado	65
Figura 34 - Orientação das vertentes na área urbana de Ponte Nova - MG	67
Figura 35 - Radiação global na área urbana de Ponte Nova - MG.....	68
Figura 36 - Variação das médias de temperatura registradas nos pontos fixos de coleta (Período: Fev. 2017 a Jan. 2018).....	72
Figura 37 - Comparação das temperaturas médias mensais dos pontos fixos de coleta	73
Figura 38 - Tabela síntese de informações estatísticas, em °C, sobre os registros térmicos nos pontos fixos	74
Figura 39 – Tabela indicando os dos pontos fixos que registraram as maiores/menores médias e amplitudes térmicas	75
Figura 40 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Março 2017)	76
Figura 41 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Maio 2017)	77
Figura 42 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Julho 2017)	78
Figura 43 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Dezembro 2017)	79
Figura 44 - Análise rítmica (Período: 15/03/2017 a 19/03/2017)	82
Figura 45 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 15/03/2017 a 19/03/2017) ...	83
Figura 46 - Análise rítmica (Período: 10/05/2017 a 14/05/2017)	84
Figura 47 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 10/05/2017 a 14/05/2017) ...	85
Figura 48 - Análise rítmica (Período: 25/07/2017 a 29/07/2017)	86
Figura 49 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 25/07/2017 a 29/07/2017) ...	87
Figura 50 - Análise rítmica (Período: 16/12/2017 a 20/12/2017)	88
Figura 51 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 16/12/2017 a 20/12/2017) ...	89
Figura 52 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 18/03/2017 - 09 horas).....	90
Figura 53 - Campo térmico (<i>Transects</i> 18/03/2017 - 09h00min).....	91
Figura 54 - Correlação fatores - temperatura.....	92
Figura 55 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	93
Figura 56 - Correlação fatores - temperatura.....	95
Figura 57 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	97
Figura 58 - Campo térmico 18/03/2017 (15h00min).....	99
Figura 59 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 18/03/2017 – 15 horas)	100

Figura 60 - Correlação fatores - temperatura.....	100
Figura 61 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	102
Figura 62 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	105
Figura 63 - Campo térmico (<i>Transects</i> 18/03/2017 - 18h00min).....	107
Figura 64 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	108
Figura 65 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 18/03/2017 - 18h00min)	109
Figura 66 - Correlação fatores - temperatura.....	110
Figura 67 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	111
Figura 68 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 12/05/2017 - 18h00min)	112
Figura 69 - Campo térmico (<i>Transects</i> 12/05/2017 – 18h00min).....	113
Figura 70 - Variação da densidade demográfica	114
Figura 71 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.....	115
Figura 72 - Correlação fatores - temperatura.....	117
Figura 73 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.....	118
Figura 74 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 27/07/17 - 09h00min)	119
Figura 75 - Campo térmico (<i>Transects</i> 27/07/2017 - 09h00min).....	120
Figura 76 - Correlação altimetria - temperatura	121
Figura 77 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	122
Figura 78 - Correlação densidade demográfica - Temperatura	123
Figura 79 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	125
Figura 80 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 27/07/2017 - 15h00min)	126
Figura 81 - Campo térmico (<i>Transects</i> 27/07/2017 - 15h00min).....	127
Figura 82 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	128
Figura 83 - Densidade demográfica.....	128
Figura 84 - Correlação densidade demográfica - temperatura	129
Figura 85 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	131
Figura 86 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 27/07/2017 - 18h00min)	132
Figura 87 - Campo térmico (<i>Transects</i> 27/07/2017 - 18h00min).....	133
Figura 88 - Correlação fatores - temperatura.....	134
Figura 89 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	136
Figura 90 - Correlação fatores - temperatura.....	137
Figura 91 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	139
Figura 92 - Valores térmicos (<i>Transects</i> 18/12/2017 - 19h00min)	140
Figura 93 - Campo térmico (<i>Transects</i> 18/12/2017 - 19h00min).....	141

Figura 94 - Correlação fatores - temperatura.....	142
Figura 95 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	144
Figura 96 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol	146
Figura 97 - Gráfico de dispersão no outono entre $T_m^{\circ}\text{C}$ e SVF (Viçosa, MG).....	150
Figura 98 - Gráfico de dispersão no inverno entre $T_m^{\circ}\text{C}$ e SVF (Viçosa, MG).....	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da população do município de Ponte Nova, MG.....	3
Tabela 2 - Limites de Ponte Nova, Minas Gerais.....	6
Tabela 3 – Canais de percepção humana.....	18
Tabela 4 - Escalas climáticas.....	20
Tabela 5 - Pontos Fixos.	35
Tabela 6 - Vantagens e desvantagens do uso de <i>transects</i> móveis.....	38
Tabela 7 - Pontos de coleta móveis.	42
Tabela 8 - Datas das coletas móveis, estação do ano e tempo de duração.	57
Tabela 9 - Classificação dos valores de SVF.	65
Tabela 10 - Tabela de classificação do Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de Determinação.....	89
Tabela 11 – Correlação Linear de Pearson entre fatores e Temperatura.....	92
Tabela 12 - Correlação Linear de Pearson entre fatores e Temperatura.	95
Tabela 13 - Correlação Linear de Pearson entre fatores e Temperatura.	98
Tabela 14 – Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	103
Tabela 15 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	106
Tabela 16 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	109
Tabela 17 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	112
Tabela 18 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	116
Tabela 19 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	121
Tabela 20 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	123
Tabela 21 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	129
Tabela 22 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	134
Tabela 23 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	135
Tabela 24 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	137
Tabela 25 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.....	140
Tabela 26 - Variação da diferença térmica e dos sistemas atmosféricos atuantes por episódio.....	147
Tabela 27 - Comparativo de diferenças térmicas entre cidades.....	153

LISTA DE SIGLAS

AQPF	Aquecimento Pré-Frontal
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
FF	Frente Fria
GMT	Greenwich Mean Time
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Inverse Distance Weighting
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MDE	Modelo Digital de Elevação
mEa	Massa Equatorial Atlântica
mPa	Massa Polar Atlântica
mTc	Massa Tropical Continental
ONU	Organização das Nações Unidas
PVC	Policloreto de Vinila
SCU	Sistema Clima Urbano
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SVF	Sky View Factor
UBL	Urban Boundary Layer
UCL	Urban Canopy Layer
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UTM	Universal Transversa de Mercator

LISTA DE EQUAÇÕES

(1) Equação de Correção de Dados	60
--	----

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Inegavelmente as cidades se tornaram um importante palco das relações humanas já que o processo de urbanização atribuiu aos centros urbanos a função de principal cenário dessas relações. Na produção do espaço geográfico, historicamente, o Homem, através de suas ações, transforma as áreas naturais com o intuito de explorar recursos. As transformações promovidas pelas sociedades causam um efeito de humanização das paisagens, resultando na predominância, em determinadas porções do espaço, dos elementos culturais. Neste sentido, a interferência antrópica é capaz de alterar diferentes dinâmicas, dentre as quais, podemos incluir a dinâmica climática.

As cidades são espaços complexos nos mais amplos e diversos aspectos que vão, desde a estrutura propriamente dita, até a cultura e os modos de vida das populações que nelas se fixam. A vida em sociedade sediada nos centros urbanos, em maior ou menor grau, está condicionada intimamente ao ambiente natural, numa relação de interferência e constantes modificações.

Pela ação humana, o ambiente, outrora predominantemente natural, passa a apresentar novas dinâmicas e, com isso, novas demandas, sobretudo de planejamento. Dentro dessa perspectiva, a principal referência e motivação é a tentativa de garantir a qualidade de vida da população residente. Historicamente, o planejamento, numa escala de maior difusão, é um assunto relativamente novo, ainda mais quando considerados os países em desenvolvimento. Foi a partir do crescimento em ritmo mais acelerado e, conseqüentemente, a partir do surgimento dos inúmeros problemas decorrentes da urbanização, que o planejamento das cidades passou a ser mais bem discutido na tentativa de orientar o fenômeno de crescimento urbano.

Partindo desse entendimento, a proposta de um estudo sobre o clima das cidades é uma ferramenta de extrema relevância e se apresenta como subsidiária ao planejamento. Há na literatura inúmeros trabalhos em que importantes autores já discutiam e buscavam uma compreensão da influência do urbano, em escala adequada, nas condições climáticas às quais as populações estão submetidas. É possível encontrar nas pesquisas de autores como Oke (1984) e Alcoforado (1999) uma organização cronológica dos estudos que abordam o clima das cidades.

Embora a temática não seja recente, pode-se perceber, através de levantamentos bibliográficos, que há um maior número de publicações advindas de países desenvolvidos e de

clima temperado, situados no Hemisfério Norte. Portanto, existe ainda uma necessidade de ampliação das pesquisas em relação ao comportamento do clima urbano em países de clima tropical.

No Brasil, as pesquisas, em sua grande maioria, foram desenvolvidas tendo como objeto de estudos as cidades de grande porte, fato que aponta para uma lacuna quando se trata de análises voltadas para outras realidades urbanas, como cidades de pequeno e médio porte que, segundo Fialho (2009), ainda são inexpressivos os trabalhos dessa natureza.

A presente pesquisa objetiva a elaboração de uma análise do campo térmico na área urbana no município de Ponte Nova, no estado de Minas Gerais, através da utilização da técnica de *transects* móveis e pontos fixos de coleta de dados.

Para o desenvolvimento da pesquisa, optou-se pela escolha da componente termodinâmica, dentro do Sistema Clima Urbano (S.C.U.) proposto por Carlos Augusto Figueiredo Monteiro (1976), como principal aspecto a ser analisado, tendo em vista sua influência direta no bem-estar dos indivíduos, sendo considerada um importante elemento ligado à saúde humana, relacionando-se ao conforto térmico.

OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo geral analisar o comportamento do campo térmico, dentro da perspectiva do Sistema Clima Urbano, na área urbana do município de Ponte Nova - MG.

Constituem-se como objetivos específicos da pesquisa:

- ✓ Identificar e analisar o comportamento do campo térmico observado sazonalmente na mancha urbana do município de Ponte Nova – MG;
- ✓ Correlacionar os índices térmicos com o padrão dos fatores geocológicos e geourbanos da área analisada;
- ✓ Verificar a ocorrência, ou não, do fenômeno de Ilha de Calor Atmosférica na área pesquisada.

JUSTIFICATIVA

Os processos de crescimento urbano exercem, em maior ou menor grau, influência no comportamento das variáveis climáticas e ambientais. Segundo Amorim (2010, p.73),

[...] As cidades, muito embora não ocupem grandes extensões territoriais, são elas as maiores transformadoras do meio natural. O crescimento urbano, na maioria dos

casos, não acompanhou a dinâmica da natureza, resultando no comprometimento da qualidade desses ambientes.

Pautados nessa premissa e sabendo da representatividade do quantitativo populacional residente na área urbana do município, há que se pensar em procedimentos que visem a garantia do bem-estar desta população.

Os estudos sobre clima urbano subsidiam o planejamento e, ao mesmo tempo, podem indicar ações necessárias para que seja propiciada uma condição de maior harmonia entre as estruturas antrópicas e o ambiente natural, pois, segundo Amorim (2010, p.88),

O estudo de clima urbano, além de quantificação das alterações detectadas, torna fundamental uma análise geográfica do fenômeno, ou seja, estabelece relações entre os dados mensurados e os elementos componentes da cidade.

O planejamento urbano é, por seu caráter, uma temática que requer maior empenho por parte da gestão municipal e, dentro do escopo das pesquisas relacionadas ao assunto, os estudos sobre clima urbano tornam-se necessários, sobretudo por indicarem medidas que sejam adequadas à garantia de melhores condições para a vida e para o conforto dos habitantes.

Na perspectiva dos estudos de clima urbano, considerando a categorização adotada por Fialho (2009), o município pode ser enquadrado na categoria de cidade de pequeno porte e sua população urbana corresponde, segundo dados do último censo demográfico, a aproximadamente 90% do total populacional residente no município (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

A partir de uma análise da evolução de sua população, pode ser percebido um aumento do número de habitantes nos últimos anos (Tabela 1), fato que aponta para uma perspectiva de expansão de funções e da própria área urbana, endossando, assim, a necessidade de planejamento.

Tabela 1 – Evolução da população do município de Ponte Nova, MG.

ANO	NÚMERO DE HABITANTES
1991	56.678
1997	58.361
2000	55.303
2007	55.687
2010	57.390
2016* (Estimada)	60.188

Fonte: IBGE - Censo Demográfico 1991, Contagem Populacional 1996, Censo Demográfico 2000, Contagem Populacional 2007 e Censo Demográfico 2010 (Adaptado).

O município, no âmbito microrregional, é um importante centro de comércio e serviços, recebendo um considerável fluxo diário de pessoas vindas de municípios próximos.

Justificado por esse contexto, o trabalho aqui proposto, buscará responder à seguinte problemática: Qual a influência dos fatores geourbanos e geoecológicos no comportamento do campo térmico na área urbana do município de Ponte Nova¹, MG?

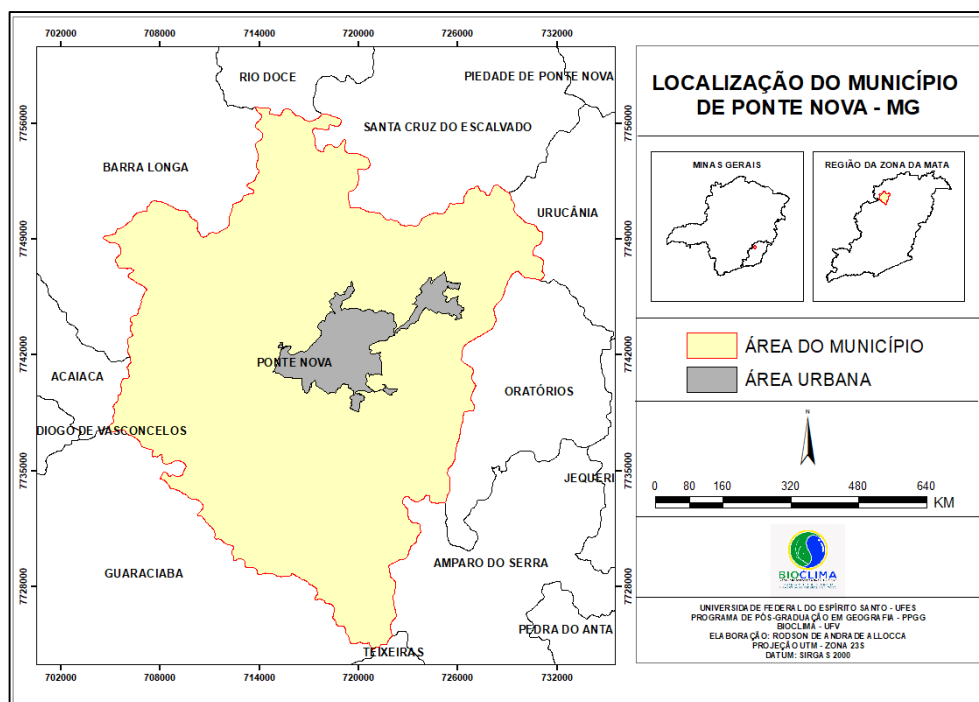
¹ Na pesquisa não foram considerados os distritos municipais. Apenas a área urbana associada à sede municipal foi pesquisada.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Ponte Nova (Figura 1) apresenta uma área de aproximadamente 470 km² (IBGE, 2015), localiza-se na Mesorregião da Zona da Mata mineira, a uma distância aproximada de 200 km da capital do estado de Minas Gerais, Belo Horizonte. Seus limites geográficos estão compreendidos pelas coordenadas geográficas contidas na Tabela 2.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 2 - Limites de Ponte Nova, Minas Gerais.

LIMITES MUNICIPAIS	
NORTE	42°57'7,288"W ; 20°16'22,891"S
SUL	42°52'53,479"W ; 20°34'2,29"S
LESTE	42°47'6,016"W ; 20°21'45,04"S
OESTE	43°2'9,234"W ; 20°26'58,688"S
LIMITES DA ÁREA URBANA	
NORTE	42°53'46,222"W ; 20°22'2,839"S
SUL	42°53'28,14"W ; 20°26'18,979"S
LESTE	42°49'51,076"W ; 20°22'53,295"S
OESTE	42°56'27,123"W ; 20°25'2,837"S

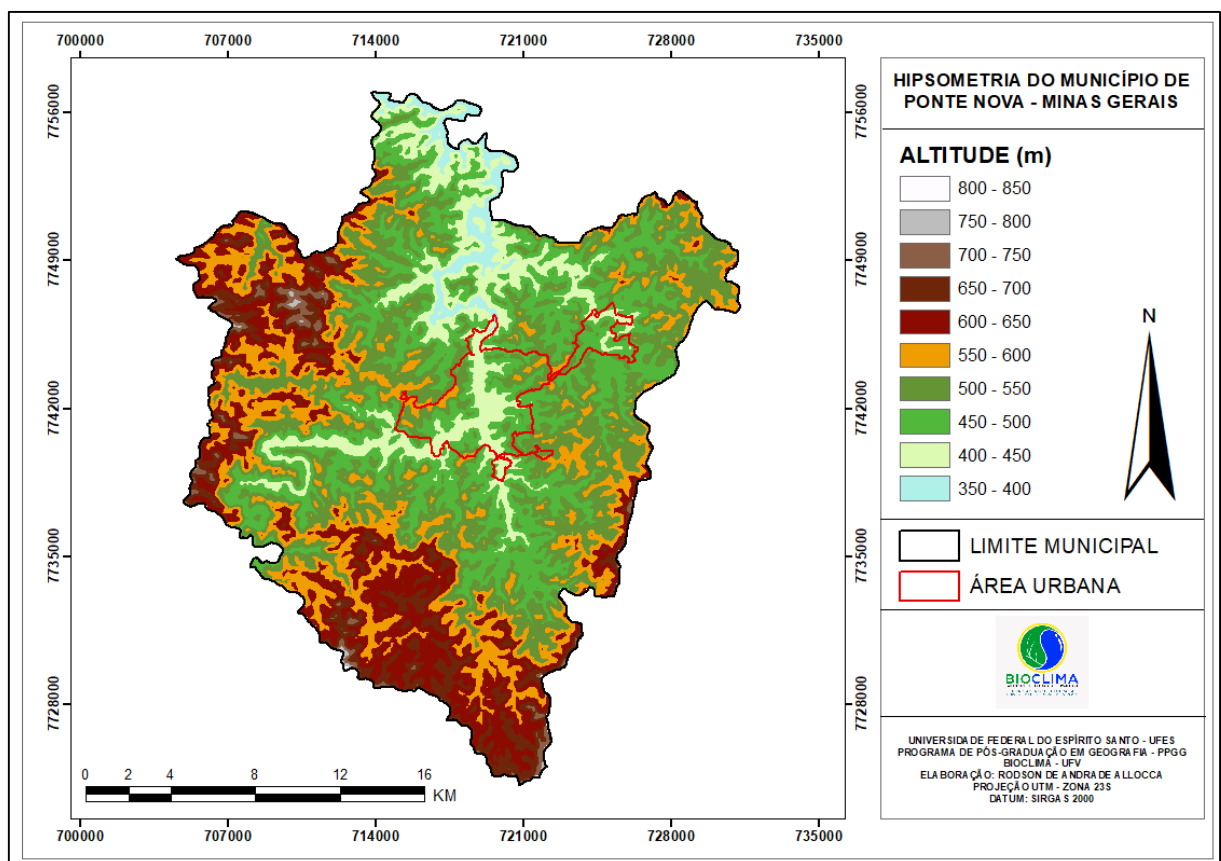
Fonte: organizada pelo autor.

O município situa-se em região de relevo acidentado, classificado como Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros Florestados (AB’SABER, 2003). Tal relevo apresenta formas bastante dissecadas por ação fluvial, com presença de inúmeras colinas em formato de “meia laranja” e fundos de vales de largura variável (PRADO et al., 2018; ALVES, 2015; ROCHA e FIALHO, 2010; MARCHI et al., 2005; NUNES et al., 2001).

Segundo Marchi et al. (2005), o relevo do município de Ponte Nova (Figura 2) apresenta 20% de áreas planas, 60% de onduladas e 20% de montanhosas. Ainda segundo Marchi et al. (2005, p.43),

[...] em sua constituição natural, nota-se um rebaixamento do relevo em direção à sua parte central. Nas cabeceiras, os vales são encaixados, embora sejam mais comuns os vales abertos, com fundos planos. Os afloramentos de rocha são mais frequentes na porção ocidental do município.

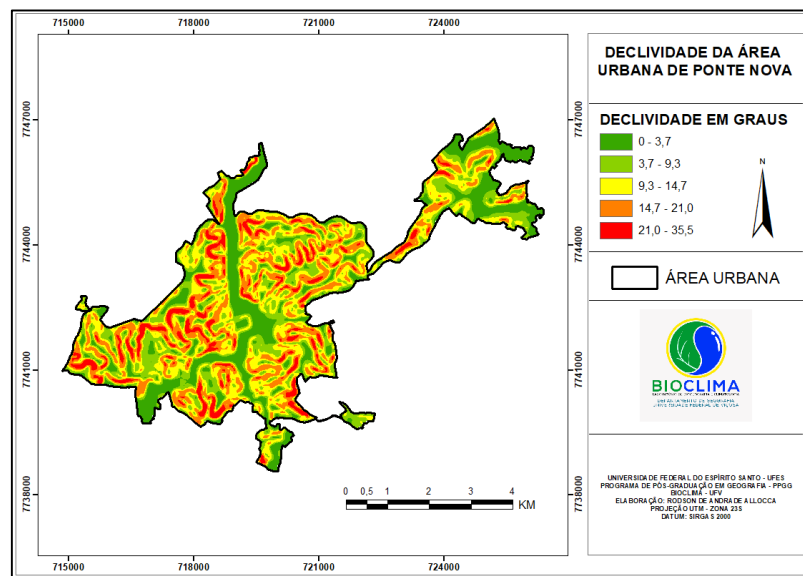
Figura 2 - Hipsometria do município de Ponte Nova - MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

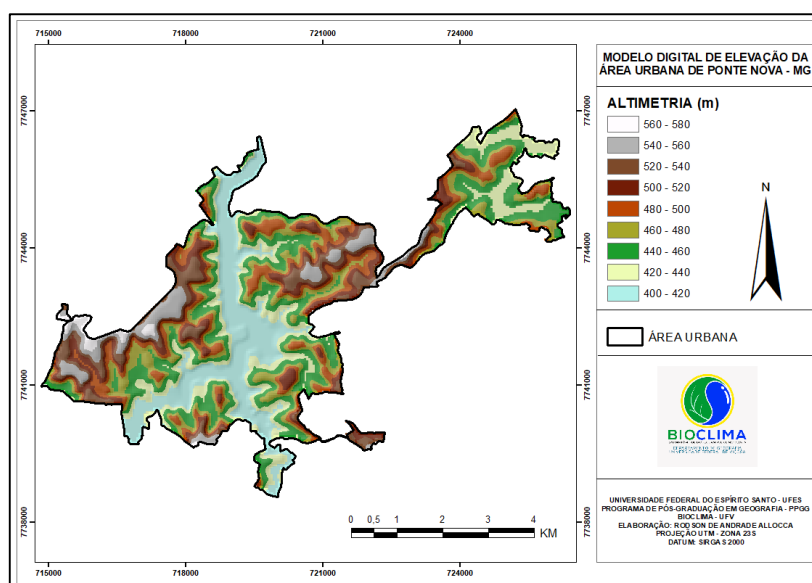
O relevo acidentado, com declividade variada (Figuras 3 e 4) e que caracteriza o sítio onde a cidade se desenvolve, é uma característica importante para as análises e compreensão do clima local por sua influência na circulação dos ventos, considerando que a topografia atua aumentando a turbulência do ar pela ascendência orográfica (NIMER, 1989) e na incidência da radiação solar direta, uma vez que podem ser verificadas situações de sombreamento geradas pela disposição das encostas.

Figura 3 - Declividade da área urbana de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 - Modelo Digital de Elevação da área urbana de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se a ocupação do fundo dos vales e um espraio da estrutura urbana ao longo das encostas adjacentes, conforme se pode observar nas Figuras 5, 6, e 7.

Figura 5 - Vista panorâmica parcial da área de maior adensamento urbano de Ponte Nova – MG.



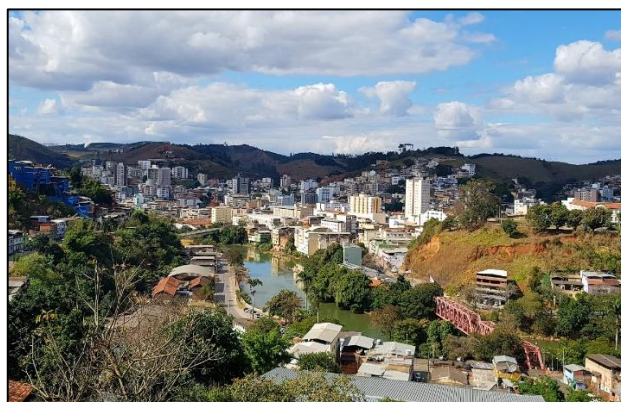
Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor em junho de 2018.

Figura 6 - Vista parcial dos bairros Guarapiranga, Palmeidas (primeiro plano) e ao fundo bairro São Pedro.



Fonte: registro fotográfico realizado pelo autor em julho de 2018.

Figura 7 - Vista parcial do vale do Rio Piranga.



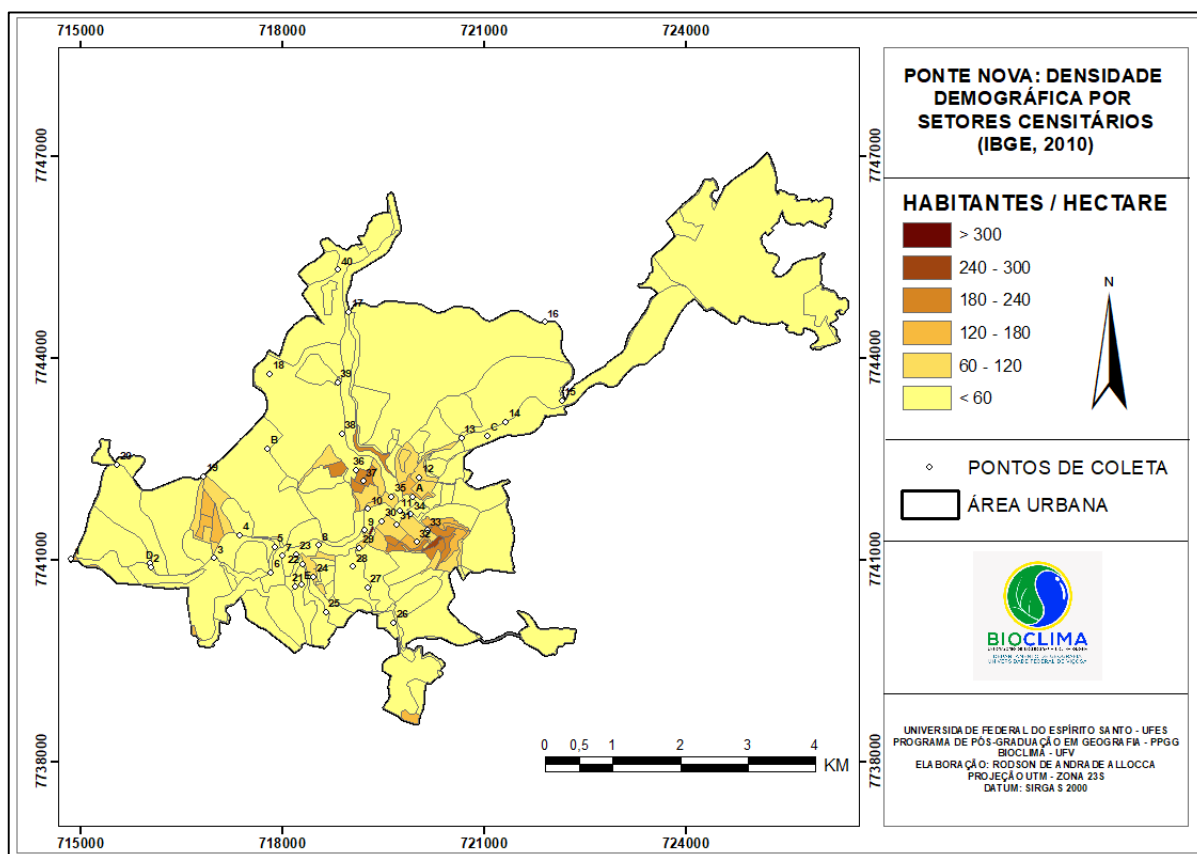
Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor em julho de 2018.

Numa escala regional de abrangência, a topografia acidentada da Região Sudeste do Brasil configura-se como um fator estático de influência na determinação do clima regional (NIMER, 1989).

O município está situado numa área onde ocorrem dois tipos climáticos: Cwa - úmido de verões quentes e o tipo Aw – semiúmido, de acordo com a classificação climática de Köppen, onde as médias térmicas anuais estão entre 24°C e 33°C (NATALI, 1999 apud MARCHI et al., 2005).

Ponte Nova apresenta uma população residente de 57.390 habitantes, com predomínio de população urbana (51.185 hab.) e uma densidade demográfica de 121,94 hab./km² (IBGE, 2010). Na área urbana nota-se (Figura 8) que, em alguns pontos, a relação entre população e área é bastante elevada.

Figura 8 - Densidade Demográfica na área urbana de Ponte Nova – MG.



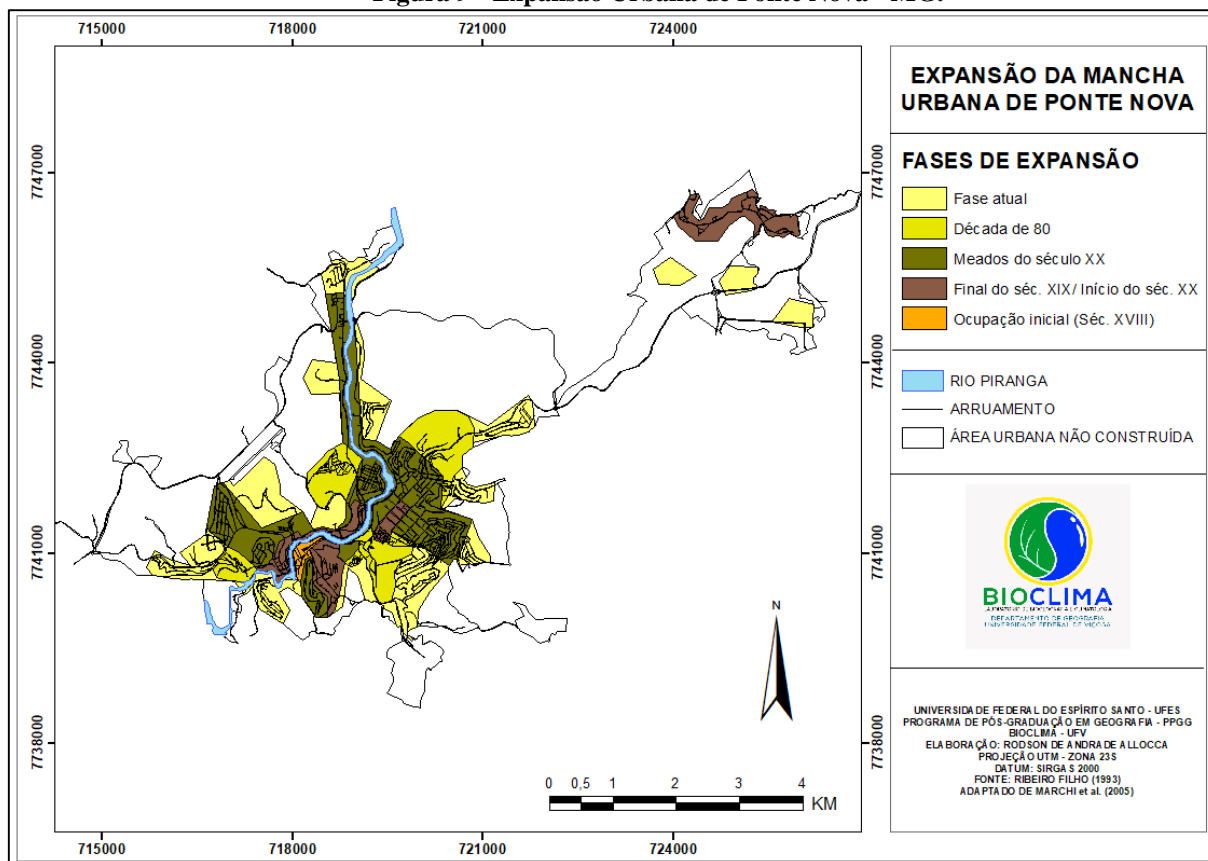
Fonte: elaborado pelo autor.

Historicamente, a expansão da área urbana apresentou diferentes fases. Conforme aponta Marchi et al. (2005), podemos distinguir 4 etapas de expansão (Figura 9).

Em um primeiro momento a ocupação se deu com a primeira ponte da cidade e a construção da capela no alto do morro. No segundo, já na virada do século XX, a ocupação passou a se desenvolver ao longo do rio. No terceiro, foi observado um “preenchimento” das áreas remanescentes do vale do rio Palmeidas/Guarapiranga – caracterizado pelo uso das áreas baixas e encostas dos vales. No quarto, mais recente, a ocupação ocorreu nas áreas altas das encostas que limitam sua mancha. (MARCHI et al. 2005, p.47).

Nas últimas décadas verifica-se uma intensificação no ritmo do processo expansão urbana, se comparado ao ritmo observado durante os primeiros séculos de desenvolvimento do município.

Figura 9 - Expansão Urbana de Ponte Nova - MG.

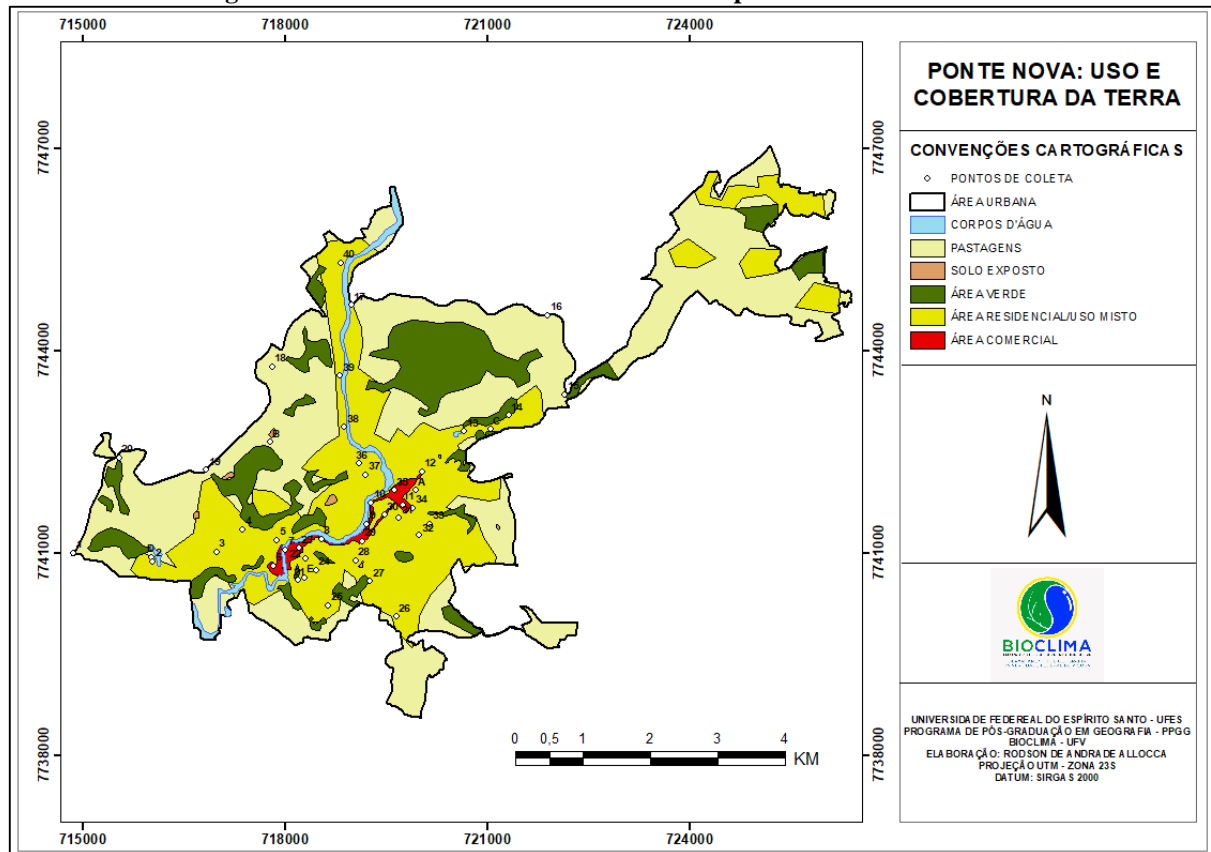


Fonte: Ribeiro Filho (1993); adaptado de Marchi et al. (2005). Organizado pelo autor.

Na área urbana, há predomínio do uso residencial, caracterizado, em sua grande maioria, por um padrão de edificações com baixo/moderado índice de verticalização. Como pode ser

verificado (Figura 10), a área comercial situa-se em área próxima ao leito do rio Piranga. Pode ser caracterizada por apresentar grandes fluxos diários de pessoas e veículos.

Figura 10 - Uso e cobertura da terra no município de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

REFERENCIAL TEÓRICO

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CLIMA URBANO

Os estudos climatológicos são extremamente relevantes para a humanidade que processualmente, ao longo de sua existência, apropria-se do meio natural e transforma-o, artificializando seu espaço de habitação. Como resultante deste processo, a Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que, até o ano de 2030, cerca de 60% da população mundial viverá em áreas urbanas.

O avanço da urbanização, conseqüentemente, provoca alterações no meio natural, acarretando também alterações nas dinâmicas de absorção e reemissão de energia solar (FIALHO, 2012). Deste modo, é preciso compreender que tais alterações, por sua vez, impactam diretamente os fluxos de energia envolvidos na interação entre o clima e os lugares. A cidade, que se tornou um dos principais habitats do Homem, um ambiente natural que passou por diversas transformações, torna-se também cenário dos estudos do clima.

Segundo Oke (1973), a ideia de que a cidade é capaz de criar características climáticas particulares é bem aceita, contudo, a generalização de fenômenos, como a ilha de calor ainda é um desafio. Sobre um mesmo prisma, Francisco Mendonça aponta que:

A formação de condições climáticas intraurbanas, derivadas diretamente da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação, morfologia e funcionalidade urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local / urbano), bolsões climáticos intraurbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frescor, topoclimas e microclimas) carece ainda mais de atenção dos estudiosos do clima das cidades. (MENDONÇA, 2015, p. 95).

Avaliar a mudança do clima gerada pela ação antrópica é muito difícil devido ao fato de que, em muitos casos, a ocupação humana ocorre em locais onde as condições que determinam o clima são complexas (LANDSBERG, 2011).

Clima urbano pode ser definido como uma modificação substancial do clima local resultado das condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela sua rugosidade, ocupação do solo, permeabilidade e propriedades dos materiais constituintes, entre outros fatores (OKE, 1987). De acordo com Givoni (1981), qualquer elemento construído pelo homem, um edifício, uma fábrica, uma área de estacionamentos e outros, pode criar ao redor e acima dele um clima modificado com o qual ele interage. (SILVA, 2011, p. 35-36).

Na busca pela compreensão do Clima Urbano, entendido como ramo específico da Climatologia, vários pesquisadores têm se dedicado ao desenvolvimento de técnicas e experimentações, que resultem na consolidação de regras gerais. Desde as primeiras pesquisas

sobre o clima das cidades, que remontam ao período da Revolução Industrial, em Londres, Inglaterra, até a atualidade, são publicados diversos estudos sobre a temática.

A maior parte das pesquisas é dedicada a cidades localizadas em países desenvolvidos, das médias e altas latitudes, isso é um fato atrelado ao próprio ritmo de desenvolvimento da industrialização em escala global, com consequente aumento da urbanização nesses países e também da preocupação com a degradação ambiental dos mesmos.

O aumento das taxas de urbanização e do processo de industrialização no hemisfério Norte, sobretudo após o fim da Segunda Guerra Mundial, serviu como motivação para o surgimento de diversas pesquisas sobre o Clima Urbano, com destaque para as pesquisas realizadas nas cidades europeias e estadunidenses (CORREA, 2014).

Na final da década de 1960, foi promovido pela *World Meteorological Organization* (WMO) – Organização Mundial de Meteorologia (OMM), o Simpósio internacional sobre climas urbanos impulsionando, a partir de 1970, as investigações acerca do Clima Urbano em diversas cidades do mundo (MARTÍNEZ, 2014).

Embora, nas últimas décadas, venha ocorrendo um aumento do número de estudos nessas localidades, trata-se ainda de uma produção recente e pequena, quando comparada aos países situados em regiões de climas temperados (CORREA, 2014). Mesmo com o aumento das pesquisas, há uma carência de produção científica sobre o clima das cidades situadas em áreas tropicais.

Segundo Mendonça (2015), a partir da década de 1960, em função da queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras, os estudos sobre Clima Urbano no Brasil foram impulsionados, registrando os primeiros estudos de caso a partir da década de 1970.

Um marco para os estudos de clima urbano no Brasil é a contribuição de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, pois

[...] nos últimos vinte anos, principalmente, é que os estudos relativos ao ambiente climático urbano têm sido desenvolvidos no Brasil, notadamente sob a influência de Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, que acabou “fundando” uma “escola brasileira de climatologia urbana” [...]. (MENDONÇA, 2015, p. 94).

Na obra “Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos”, o autor destaca a obra *The Climate of towns* de H. E. Landsberg como sendo de extrema relevância para os estudos climatológicos, por ser uma primeira síntese elaborada sobre os estudos dos climas urbanos. Considera que a síntese elaborada por Landsberg chama atenção para atributos fundamentais particularizantes dos estados atmosféricos que, comparados aos espaços circundantes, podem

ser observados graças à interferência urbana. Sobre isso, Monteiro elenca dois pontos importantes:

Em primeiro lugar a concepção de *clima* prende-se àquela dos *estados médios dos elementos atmosféricos sobre o dado lugar* que, no caso, prende-se a existência de uma *cidade*. Desde o início dos anos sessenta que eu (Monteiro, 1963), apoiado na crítica de M. Sorre (1934, 1951) e no tratamento de P. Pedelaborde (1958, 1959), vinha esforçando-me para adotar uma concepção dinâmica conduzida pelo paradigma do *ritmo de sucessão habitual* dos estados atmosféricos sobre os lugares. Em segundo lugar, além deste inconveniente conceitual, havia aquele de que a *cidade* era vista como produtora de uma anomalia na atmosfera *sobre ela*. (MONTEIRO, 2015; In: MENDONÇA et al., 2015, p. 12.).

A compreensão do Clima Urbano envolve uma análise multiescalar dos fluxos de energia. O entendimento da dinâmica dos processos genéticos do clima seria possível a partir da elaboração de um sistema capaz de uma articulação de toda a complexidade dos processos (MONTEIRO, 2015; In: MENDONÇA et al., 2015).

A partir dessa concepção, foi apresentada por Monteiro a proposta do Sistema Clima Urbano (S.C.U.). Em sua proposta teórica, são indicados dez enunciados básicos:

- 1º - O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização.
- 2º - O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato que se insere.
- 3º - O S.C.U. importa energia através do seu ambiente, é sede de uma sucessão de eventos que articulam diferenças de estados, mudanças e transformações internas, a ponto de gerar produtos que se incorporam ao núcleo e/ou são exportados para o ambiente, configurando-se como um todo de organização complexa que se pode enquadrar na categoria de sistemas abertos.
- 4º - As entradas de energia no S.C.U. são de natureza térmica (oriundas da fonte primária de energia de toda a Terra – o Sol), implicando componentes dinâmicas inequívocas determinadas pela circulação atmosférica, e decisivas para a componente hídrica englobada nesse conjunto.
- 5º - A avaliação dessa entrada de energia no S.C.U. deve ser observada tanto em termos quantitativos como, especialmente, em relação ao seu modo de transmissão.
- 6º - A estrutura interna do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas.
- 7º - O conjunto-produto do S.C.U. pressupõe vários elementos que caracterizam a participação urbana no desempenho do sistema. Sendo variada e heterogênea essa produção, faz-se mister uma simplificação, classificatória, que deve ser constituída através de canais de percepção humana.
 - ✓ Conforto térmico
 - ✓ Qualidade do ar
 - ✓ Meteoros de impacto
- 8º - A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estrutura se sucedem ao longo do processo de urbanização.
- 9º - O S.C.U. é admitido como possível de autorregulação, função essa conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação

capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguido de metas preestabelecidas.

10º - Pela possibilidade de interferência autorreguladora, acrescentam-se ao S.C.U., como sistema aberto, aquelas propriedades de entropia negativas pela sua própria capacidade de especialização dentro do crescimento através de processos adaptativos, podendo ser qualificado, assim, como um sistema morfogenético. (MONTEIRO, 2015; In: MENDONÇA et al., 2015, p. 19 - 26.).

A proposta teórica, apresentada através dos supracitados enunciados, é utilizada como principal referencial teórico para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.2 ESCALAS TAXONÔMICAS

As dinâmicas climáticas são complexas, pois envolvem inúmeras variáveis. No ambiente urbano, as particularidades, cada detalhe, podem ser determinantes nas características do clima local. As diferentes atividades socioeconômicas desenvolvidas na cidade, sua localização geográfica, grau de adensamento humano, dentre outros, são fatores de influência na formação de seu clima (MENDONÇA, 2015).

O uso da proposta sistêmica para análise do clima urbano, o S.C.U., pressupõe um exercício contínuo de articulação entre as múltiplas escalas que envolvem os processos genéticos do clima. Correa (2014) indica como fundamental a importância do uso de hierarquias e escalas em estudos de Clima Urbano.

Para uma melhor compreensão da articulação dos sistemas no comportamento climático urbano, Monteiro (2015) estabelece, em seu sétimo enunciado básico acerca do S.C.U., uma referência classificatória através de três canais de percepção humana, conforme pode ser visualizada na Tabela 3.

Tabela 3 – Canais de percepção humana.

Subsistemas Canais / Caracterização	I Termodinâmico (Conforto Térmico)	II Físico Químico (Qualidade do Ar)	III Hidrometeorológico (Impacto Meteorológico)
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras- limpas	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operador ao operando	De operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (tipos de tempo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (tipos de tempo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura e Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	Ilhas de Calor Ventilação Aumento da Precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes poluentes	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: adaptado de Monteiro (2015). In: MENDONÇA et al. (2015, p.46).

O Clima Urbano está inserido em escalas de maiores grandezas e, com objetivo didático, Monteiro (2015) apresenta um quadro (Figura 11) ilustrativo relacionando unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica e com as unidades de urbanização.

Figura 11 - Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o Clima Urbano.

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Escala de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
				Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálise	Latitude Centro de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas Rede meteorológica de superfície	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes Transectos
IV	1:1.000.000 1:500.000	Sub-Regional (fácies)	Megalópole grande área metropolitana	Posto meteorológico Rede complementar	Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana	Registros móveis (episódicos)	Integração geoecológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou subúrbio de metrópole Pequena cidade	(detalhe)	Urbanismo	Especiais
-	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Fácies de bairro/subúrbio de cidade Grande edificação	Bateria de instrumentos especiais	Arquitetura	-
-	1:2.000	Microclima	habitação setor de habitação		Habitação	-

Fonte: adaptado de Monteiro (1976) apud Assis (2010, p. 36).

Em relação à classificação das unidades superiores, o próprio autor afirma não haver problemas, indicando haver certo consenso científico, contudo reconhece flexibilidade no estabelecimento de escalas ao nível local para as análises do Clima Urbano.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) apresentam a seguinte proposta de organização das escalas climáticas (Tabela 4):

Tabela 4 - Escalas climáticas.

ORDEM DE GRANDEZA	SUBDIVISÕES	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL	TEMPORALIDADE DAS VARIAÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS	EXEMPLIFICAÇÃO ESPACIAL
Macroclima	Clima zonal Clima regional	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas e vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, mares etc.
Mesoclima	Clima regional Clima local Topoclima	2.000 a 10 km	12 km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

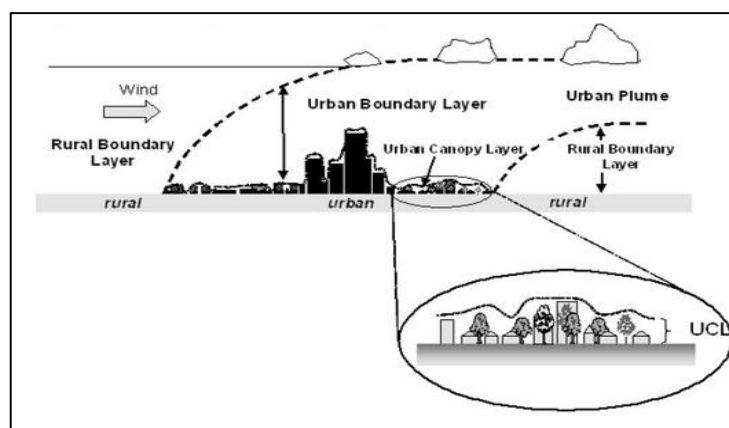
Fonte: adaptado de Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 23).

Considerando as relações escalares, esta pesquisa se dará em escala mesoclimática, contudo, articulada às escalas superiores de análise.

Outra contribuição de grande valia para os estudos do Clima Urbano foi a estratificação vertical da atmosfera elaborada por Oke (1978), em que o autor propõe uma divisão da atmosfera urbana em duas escalas (Figura 12):

- ✓ Camada de Cobertura Urbana (UCL – Urban Canopy Layer) – Camada que abarca desde o nível do solo até o nível da altura média das edificações.
- ✓ Camada Limite Urbana (UBL – Urban Boundary Layer) – Camada que abrange o limite final da UCL inserida na camada limite planetária, onde ocorre influência térmica do tecido urbano na camada atmosférica sobrejacente.

Figura 12 - Representação esquemática da atmosfera urbana.



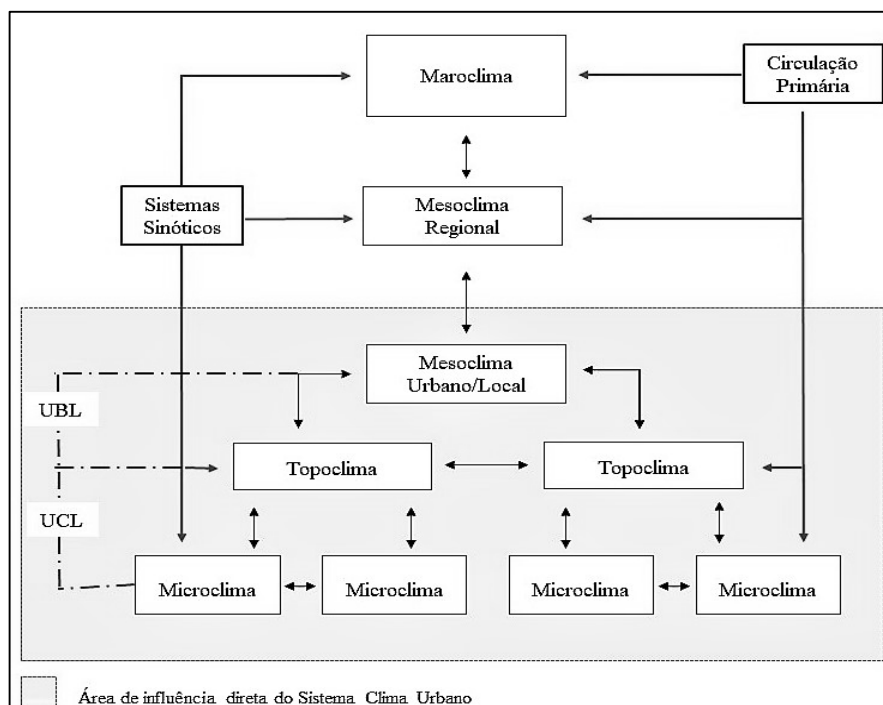
Fonte: Oke (1978). Adaptado.

Assis (2010) chama atenção para o fato de que não existem limites rígidos para determinação das unidades escalares.

Como não existem limites rígidos entre as dimensões espaciais das unidades climáticas a transição horizontal e vertical entre as escalas é definida de forma arbitrária. Normalmente são utilizados balizadores relacionados a algum componente geocológico (feições topográficas, hipsometria, uso do solo, etc), ou o comportamento médio dos parâmetros meteorológicos (isotermas, isohigras, isoietas, etc), para auxiliar a espacialização e transição das categorias. (ASSIS, 2010, p. 17).

Com a finalidade de uma simplificação e organização das escalas e hierarquias para os estudos de clima urbano, Assis (2010) propõe um fluxograma (Figura 13).

Figura 13 - Escalas e hierarquia para estudos de Clima Urbano.



Fonte: adaptado de Assis (2010; p. 38).

3.3 PERCEPÇÃO HUMANA: CANAL I – CONFORTO TÉRMICO (SUBSISTEMA TERMODINÂMICO)

É o canal de percepção humana que desempenha papel protagonista em estudos de clima urbano. Os componentes termodinâmicos conduzem ao referencial para o conforto térmico e também são constituintes do nível fundamental de resolução climática para onde convergem os demais componentes (MONTEIRO, 2015. In: MENDONÇA et al., p.44).

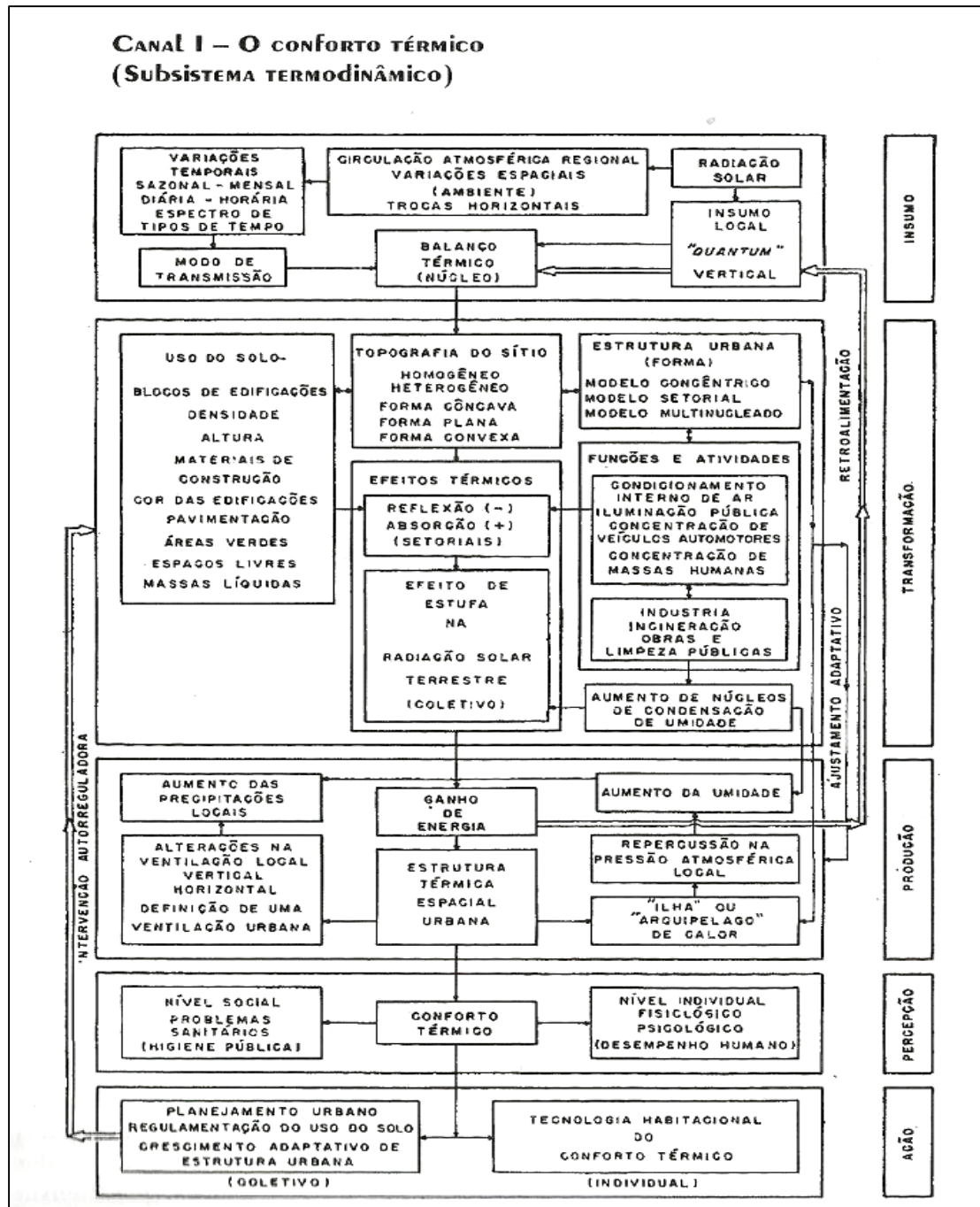
Dentro do S.C.U., esse canal atravessa toda a sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicados no processo de transformação e produção. (MONTEIRO, 2015. In: MENDONÇA et al., 2015, p. 44).

Nos estudos de Clima Urbano, o sistema termodinâmico tem sido o principal objeto de estudos, pois há uma maior preocupação sobre a condição termohigrométrica das cidades (MENDONÇA, 2015; In: MENDONÇA et al., 2015, p.180). O conforto térmico é uma preocupação por influenciar diretamente a qualidade de vida dos habitantes citadinos.

[...] a análise termodinâmica da cidade fornece a informação básica ao arquiteto e ao urbanista. É exatamente nesse nível de criação dos espaços habitacionais e urbanos que se estabelece os mecanismos de reciclagem e adaptação do sistema urbano ao clima em especial e à qualidade ambiente de modo mais abrangente. (MONTEIRO, 2015, p. 48).

Para a ilustração do Canal I – Conforto Térmico, Monteiro (1976) propõe um diagrama básico (Figura 14).

Figura 14 - Diagrama do conforto térmico.



Fonte: Monteiro (2015). In: MENDONÇA et al. (2015, p.47).

3.4 CAMPO TÉRMICO

As alterações do ambiente natural pela ação humana, sobretudo pela expansão urbana, influenciam no balanço energético e, como consequência desse novo balanço de energia, a cidade apresenta um processo de resfriamento mais lento em relação ao ambiente rural (Fialho, 2012). Desse modo, “a cidade gera um clima próprio (Clima Urbano) resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local” (BRANDÃO, 2015; In: MENDONÇA et al., 2015, p. 122).

Segundo Brandão (2015; In: MENDONÇA et al., 2015, p. 122), “a ‘ilha de calor’ representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade”.

O fenômeno chamado de Ilha de Calor, embora seja amplamente utilizado como conceito atualmente, segundo Fialho (2012), não possui um critério claro que o defina. Contudo, serão expostas algumas considerações da percepção que se busca na compreensão de tal fenômeno. Ainda segundo Fialho (2012, p.62),

[...] o conceito de Ilha de Calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior. Ainda assim, não está claro na literatura em que momento ou qual a diferença de temperatura do ar em que se pode atestar a existência do fenômeno em questão.

Na perspectiva do campo térmico nos ambientes intraurbanos, Amorim (2010) reforça a ideia de que a expansão da malha urbana tem alterado o balanço de energia e, neste sentido, considerando que o S.C.U. é um sistema aberto e que a todo momento está ocorrendo interação, em diferentes níveis, entre a energia disponível e o fator urbano, o balanço de energia está condicionado às características desse ambiente. Desse modo, vincula-se ao tipo de projeto urbanístico adotado (ou sua ausência), às funções urbanas, aos materiais construtivos, ao padrão de usos da terra e a outros fatores de ordem natural (orientação de vertentes, altimetria, sistemas formadores de tempo, dentre outros) a interferência/influência no comportamento do campo térmico.

O monitoramento do campo térmico possibilita, dentre outras coisas, a verificação e a identificação de áreas que apresentam um comportamento da temperatura diferenciado em relação ao entorno, tornando possível a identificação de locais com temperaturas mais elevadas, fomentando a ideia da ocorrência do fenômeno de Ilha de Calor.

O fenômeno apresenta-se através de diferentes tipos, dentre os quais, para o desenvolvimento do trabalho aqui proposto, adotaremos como referência a Ilha de Calor

Atmosférica que, segundo Fialho (2012, p.66), “[...] denuncia modificações na camada basal da troposfera, por meio da diferença dos tipos de uso da terra e cobertura entre as paisagens urbanas e rurais”. Fialho (2012, p.66) indica ainda que “a cidade altera o ritmo de aquecimento e resfriamento da superfície em função do adensamento urbano, associado à atividade humana e às propriedades físicas dos materiais de construções”. Portanto, fica como indicativo a necessidade de atentar-se a tais influências.

A investigação da ocorrência de Ilha de Calor Atmosférica busca encontrar diferenciações térmicas na camada inferior da atmosfera associada aos diferentes ambientes de uma área urbana ou entre o ambiente urbano e o rural adjacente. Para isso, normalmente são utilizados dois métodos de coleta de dados: os pontos fixos e o *transects* móveis (FIALHO, 2009).

METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

O adensamento da malha urbana intensificou as modificações dos parâmetros climáticos intraurbanos (MONTEIRO, 1976; OKE, 1978 e 1982) inseridos na camada limite atmosférica urbana – *urban canopy layer*² (OKE, 1976). Tais mudanças resultam no que se convencionou chamar Clima Urbano, como observa Chandler (1976, p. 03):

Com a substituição das superfícies e formas naturais pelas unidades 'artificiais' urbanas, o ser humano vem modificando as propriedades físicas e químicas e os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de intercâmbio de massa que ocorre na camada limite atmosférica. Em consequência, as propriedades meteorológicas do ar dentro e imediatamente acima das áreas urbanas ficam profundamente modificadas criando um distinto tipo climático, o clima urbano.

No Brasil, o crescimento urbano em cidades de pequeno porte está promovendo um agravamento das condições ambientais nas mesmas, e isso vem despertado o interesse não apenas da ciência geográfica (FRESCA, 2001; MOREIRA JUNIOR, 2013), bem como de outras áreas do saber.

Nesse sentido, o presente trabalho busca atender aos objetivos propostos pela pesquisa, utilizando-se de procedimentos que foram adotados em demais estudos pesquisados sobre Clima Urbano e disponibilizados na literatura nacional e internacional, tais como, *Sky View Factor* (SVF), rede de postos fixos de observação, *transects* móveis, descrição das características de uso e cobertura do solo e acompanhamento da dinâmica atmosférica que, juntamente com as bases cartográficas (modelo digital de elevação, hipsometria e orientação de vertentes) elaboradas em *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG), propiciaram a elaboração de mapas temáticos que retratam o campo térmico da área urbana de Ponte Nova - MG.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DE UMA REDE DE MONITORAMENTO A PARTIR DE PONTOS FIXOS DE COLETA

O município de Ponte Nova, Minas Gerais, objeto da pesquisa, é desprovido de uma estação meteorológica oficial. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi fundamental a criação de uma rede de monitoramento que, em função da ausência de um banco de dados oficial,

² O Urban Canopy Layer é a camada de ar vertical, que alcança a altura média dos prédios, oscilando ao longo do dia, em função do aquecimento da superfície (OKE, 1976 e ROTH, 2000).

pudesse fornecer as informações necessárias para que os dados apresentassem confiabilidade e fossem geradas análises sobre as características térmicas locais.

Em relação à estruturação da rede de observação, Mendonça (2015) indica que o número de pontos amostrais varia de estudo para estudo, contudo considera que, em pesquisas com um número mais representativo de pontos de coleta dos dados, podem ser desenvolvidas análises mais elaboradas, atenuando possíveis generalizações.

Na área de estudos foram selecionados seis pontos para a instalação de sensores digitais modelo datalogger (HOBO-U-012). Os equipamentos utilizados foram cedidos gentilmente pelo Professor Dr. Edson Soares Fialho, docente efetivo da Universidade Federal de Viçosa e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Espírito Santo, coordenador do laboratório Bioclima – UFV e orientador desta pesquisa.

Antes da instalação dos sensores digitais datalogger, foi feita a aferição dos equipamentos. Baseado na proposta de Danni-Oliveira (2002), os termohigrômetros foram dispostos numa bancada de granito (Figura 15), dentro da sala do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (Bioclima – UFV), no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa - MG.

Os equipamentos foram programados para efetuar leituras de temperatura e umidade relativa do ar a cada hora decorrida. Entre os dias 30/01/2017 e 01/02/2017 foram feitos registros dos dados que, posteriormente, foram descarregados utilizando-se o software *Hoboware* (disponibilizado pelo fabricante).

Figura 15 – Aferição dos equipamentos sobre a bancada de granito.



Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor.

Através da elaboração de análises de correlação entre os aparelhos, foi possível a verificação das diferenças nos registros entre os termohigrômetros, pois todos se encontravam

sob as mesmas condições, num mesmo ambiente. Durante o período de coletas dos dados a sala foi mantida fechada, criando condições homogêneas no ambiente e excluindo, assim, interferências externas nos registros do comportamento dos elementos climáticos mensurados.

Para a aferição dos dataloggers, procedeu-se a escolha aleatória de um equipamento para ser utilizado como referência na comparação entre os dados registrados. O equipamento nomeado por Hobo_33 foi o escolhido e os registros dos demais equipamentos foram comparados, nesse estágio, com os dados registrados pelo equipamento de referência.

Os registros de dados foram correlacionados em gráficos de dispersão linear, utilizando o Microsoft Excel 2010, para que pudesse ser verificado o grau de semelhança entre os dados registrados nos diferentes aparelhos.

Os resultados apresentaram uma alta correlação entre os valores registrados nos diferentes equipamentos (Figura 16), demonstrando que os dataloggers estavam calibrados entre si.

Numa segunda etapa, os mesmos equipamentos foram instalados temporariamente na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Figura 17), localizada na Universidade Federal de Viçosa - MG, para que os registros dos dataloggers pudessem ser comparados aos registros de uma base oficial de dados. Os termohigrômetros foram programados para efetuar registros horários durante o período compreendido entre os dias 01/02/2017 e 09/02/2017.

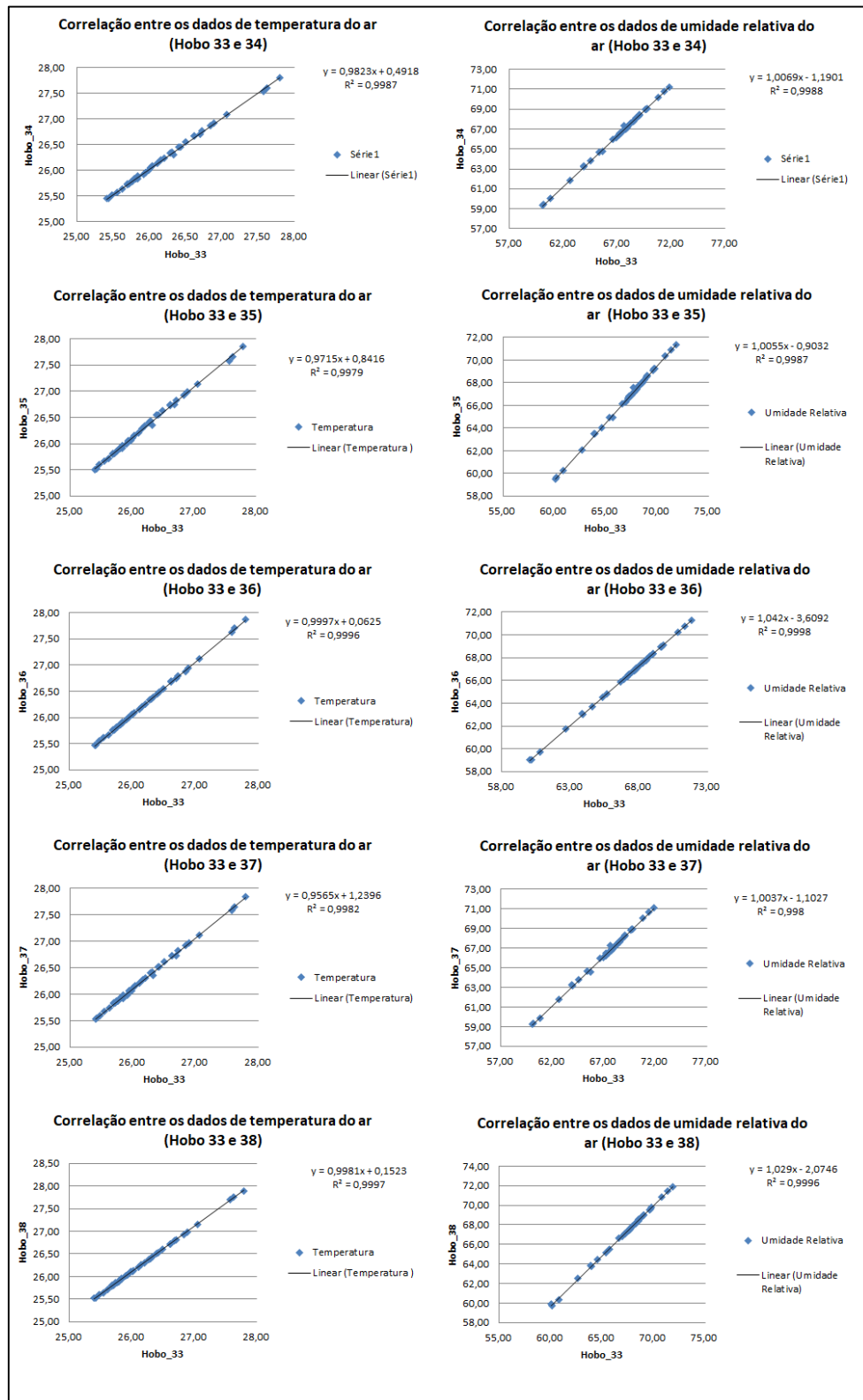
Os dados registrados pelos equipamentos foram correlacionados com os dados registrados pela estação meteorológica do INMET e, a partir de então, elaborados gráficos de dispersão tomando os dados oficiais como referência. Os gráficos de dispersão (Figura 18) apontaram haver alta correlação entre os dados oficiais do INMET e os mensurados pelos dataloggers.

Para alocação dos equipamentos de monitoramento da temperatura, foram utilizadas imagens de satélite disponibilizadas pelo software *Google Earth* e, a partir de um estudo prévio da área, foram definidos os locais que seriam utilizados para a instalação dos equipamentos. Priorizou-se a utilização de locais que apresentassem variação dos tipos de usos da terra, diferentes funções urbanas, segurança dos equipamentos e a acessibilidade para a realização de coletas periódicas dos dados.

Após a definição dos locais, os equipamentos foram instalados no mês de fevereiro de 2017. Programados para efetuar registros horários, foi gerado um denso banco de dados com

registros compreendidos entre 15/02/2017 e 09/01/2018, quando os equipamentos foram retirados.

Figura 16 - Correlação entre os dados de temperatura e umidade relativa do ar (Equipamentos Hobo).



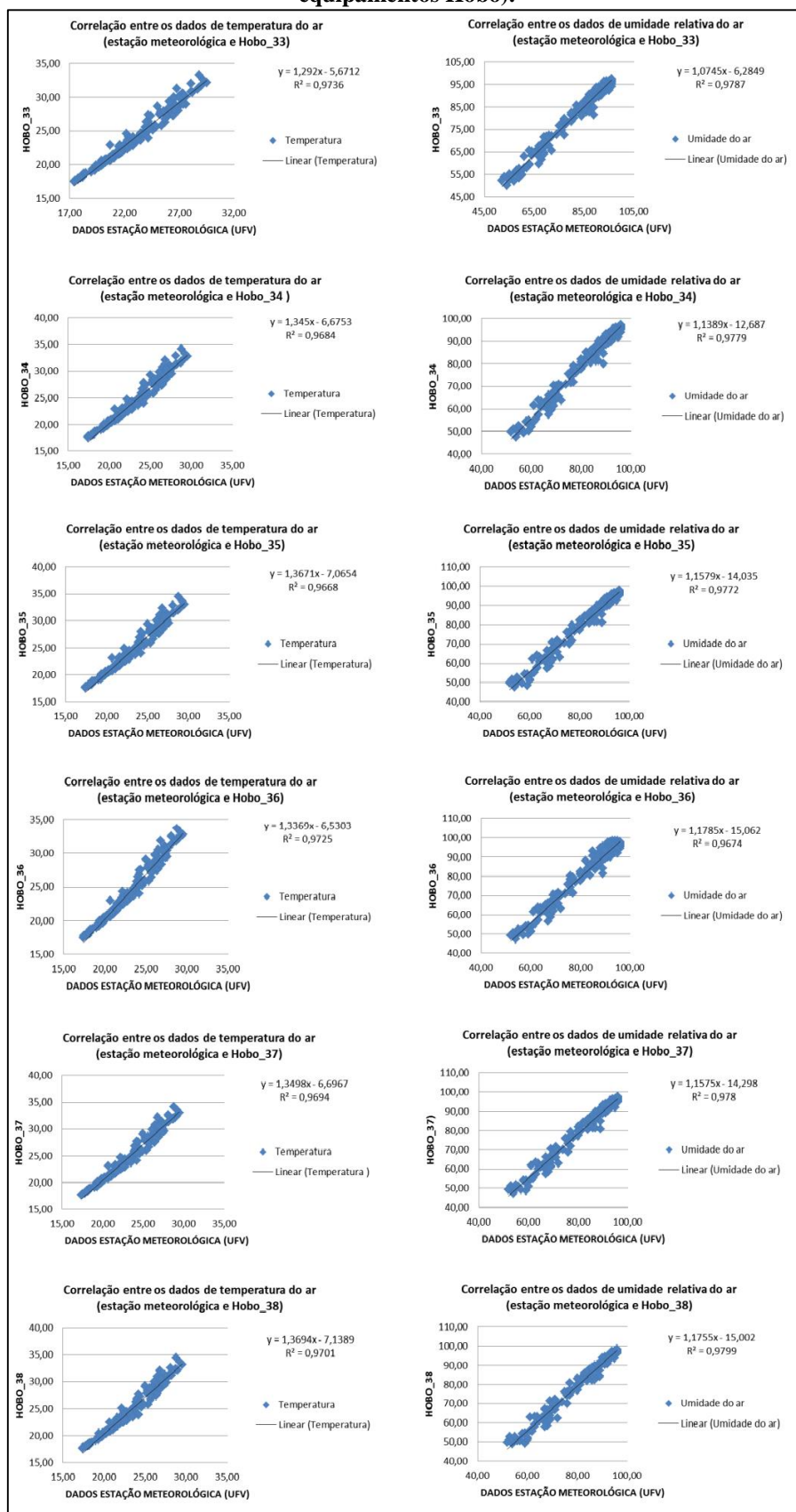
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 - Equipamentos Hobo instalados na estação meteorológica da UFV.



Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor.

Figura 18 - Correlação entre os dados de temperatura e umidade do ar (estação meteorológica e equipamentos Hobo).



Fonte: elaborado pelo autor.

Os procedimentos foram fundamentais para a validação dos dados que seriam coletados no sítio da pesquisa e os resultados obtidos nas análises foram considerados consistentes, possibilitando que os equipamentos fossem instalados e fosse iniciada a estruturação de uma rede de monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar.

4.2 INSTALAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS DE COLETAS

Os equipamentos Hobo (33, 34, 35, 36, 37 e 38) foram instalados na área da pesquisa obedecendo ao seguinte padrão: todos foram colocados em um miniabrigo com estrutura de policloreto de vinila (PVC) e fixados a 1,5 m de altura em mourão de eucalipto por uma haste de metal (Figura 19).

Os miniabrigos foram construídos com base na proposta de estruturada por Lopes e Jardim (2012) e cedidos pelo Laboratório do Bioclima – UFV.

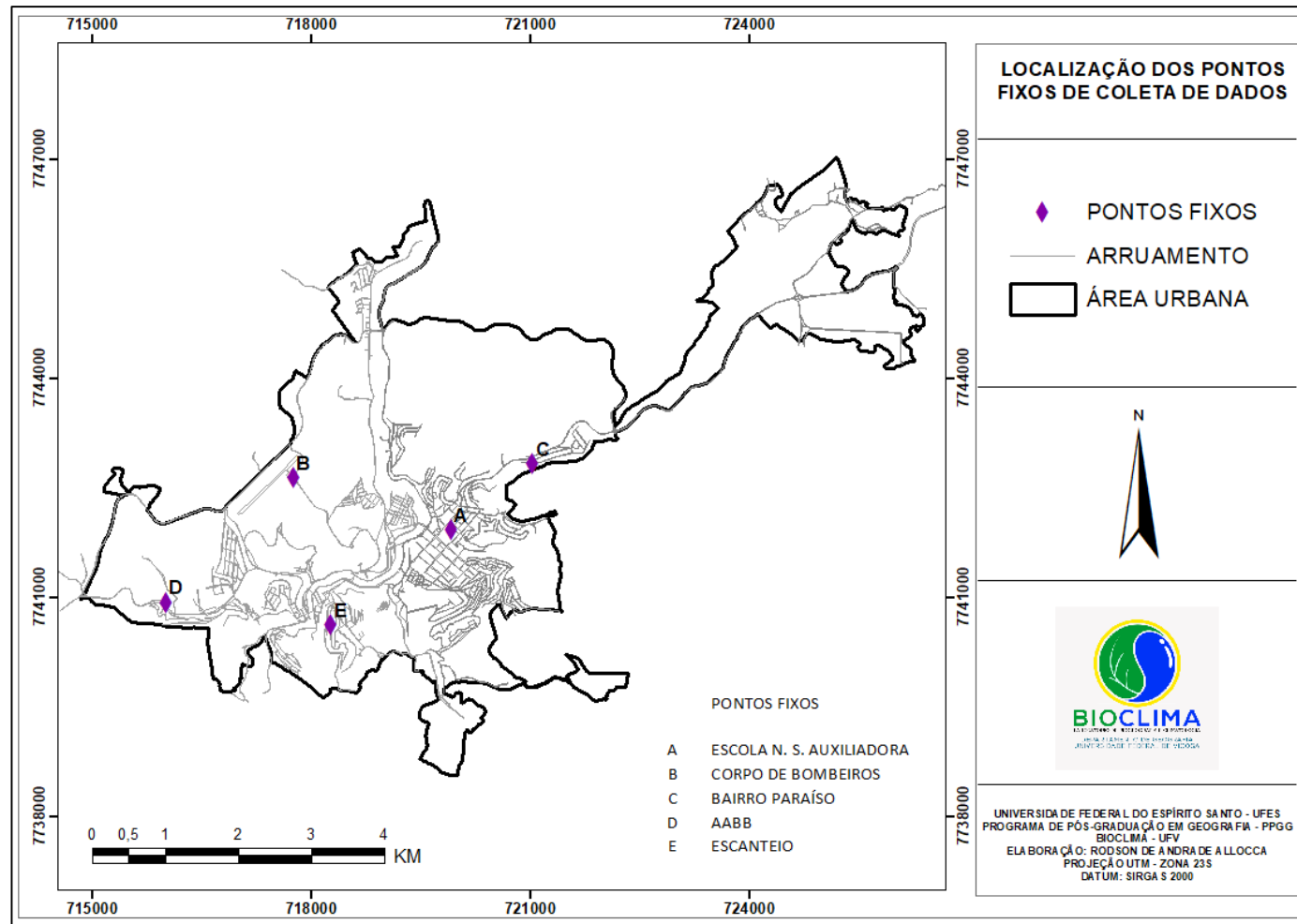
Figura 19 - Miniabrigo meteorológico.



Fonte: registro fotográfico realizado pelo autor.







Munidos de informações cartográficas do município e também de conhecimento empírico do pesquisador, foram estabelecidos os pontos fixos (Figura 20) de coletas de dados, cuja identificação e as características de cada ponto podem ser visualizadas na Tabela 5. Cabe ressaltar que, em função de um mal funcionamento, o equipamento Hobo 38 não foi considerado nas análises.







Figura 20 – Localização dos pontos fixos de coleta de dados.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Pontos Fixos.

PONTOS FIXOS					
PONTO	IDENTIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEM (AÉREA/SOLO)	COORDENADAS	ALTITUDE (m)
A	ENSA – ESCOLA NOSSA SENHORA AUXILIADORA (HOBO_33)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada no entorno; ✓ Elevada presença de construções; ✓ Ausência de vegetação; ✓ Fixado sobre gramíneas e com calçamento de bloquete no entorno. 	 	<p>X = 719933 Y = 7741925</p>	416
B	CORPO DE BOMBEIROS (HOBO_34)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa no entorno; ✓ Baixa presença de construções; ✓ Ausência de vegetação; ✓ Fixado sobre solo exposto. 	 	<p>X = 0717773 Y = 7742641</p>	569
C	BAIRRO PARAÍSO (HOBO_35)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa no entorno; ✓ Baixa presença de construções; ✓ Presença de vegetação; ✓ Fixado sobre gramíneas. 	 	<p>X = 0721048 Y = 7742833</p>	510

D	CLUBE AABB (HOBO_36)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta no entorno; ✓ Baixa presença de construções; ✓ Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); ✓ Fixado sobre gramíneas. 	 	X = 0716020 Y = 7740936	490
E	BAR ESCANTEIO (HOBO_37)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ausência de tráfego no entorno; ✓ Baixo índice de construções; ✓ Presença moderada de vegetação (arbórea e rasteira); ✓ Fixado sobre gramíneas. 	 	X = 0718280 Y = 7740628	475
F	BAIRRO RASA ³ (HOBO_38)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderado/alta no entorno; ✓ Baixa presença de construções; ✓ Baixa presença de vegetação; ✓ Fixado sobre solo exposto. 	 	X = 0718818 Y = 7744531	402

Fonte: elaborado pelo autor.

³ O equipamento Hobo_38 apresentou problemas e não foi utilizado nas análises.

4.3 *TRANSECTS* MÓVEIS

Na aquisição dos dados de temperatura na área urbana do município de Ponte Nova - MG, além do uso de uma rede de pontos fixos de coleta, optou-se pelo uso da técnica de *transects* móveis, tendo como base alguns dos procedimentos realizados por Fialho (2009).

A técnica consiste no estabelecimento de uma malha de pontos para coleta de dados, distribuídos ao longo da área selecionada. Vale ressaltar que, em estudos do Clima Urbano, não há um padrão rígido da quantidade ideal de pontos a serem utilizados na estruturação da coleta móvel. Assis (2010) indica que nos experimentos de campo não existe um número específico de pontos amostrais para levantamento dos dados. Cabe ao pesquisador a definição desse critério, levando em consideração que, para a escolha do número de pontos amostrais deverão ser observadas as demandas de sua pesquisa.

Segundo Fialho (2009), desde a proposição da técnica por Schmidt, em 1929, vários pesquisadores a tem utilizado e de formas distintas. Em muitos casos, foram feitas adaptações em sua aplicação, adequando-a às diferentes realidades de pesquisa.

No presente estudo, considerando a dimensão da área pesquisada e o número de pontos de coleta utilizados, foram feitas duas adaptações importantes. A primeira foi a opção da utilização de um veículo automotor na realização dos *transects* que, em função da logística do trabalho, foram fracionados em duas rotas distintas, realizadas de forma consecutiva. Tal fato, conseqüentemente, levou a uma outra adaptação relacionada à duração das coletas. Segundo Amorim (2005), na realização dos *transects* móveis, os registros não devem ultrapassar um intervalo maior do que uma hora. Contudo, para que todos os pontos de coleta fossem percorridos, foram necessárias em média duas horas. Neste sentido, para a validação dos dados, foi elaborado um método de correção de dados, o que será apresentado no tópico subsequente.

Sobre a utilização dos *transects* móveis, numa avaliação do uso e viabilidade da técnica, segundo Fialho (2009), é possível elencar vantagens e desvantagens (Tabela 6).

Tabela 6 - Vantagens e desvantagens do uso de *transects* móveis.

TRANSECTS MÓVEIS	
Vantagens	Desvantagens
Descreve melhor a heterogeneidade do meio urbano.	Refazer o percurso, algumas vezes com intuito de criar uma maior confiabilidade.
Aumenta o número de pontos de coleta dentro da área de estudo.	Não é apropriado para grandes distâncias.
Permite uma maior agilidade no processo de monitoramento.	Restrito apenas a estradas de rodagem.
	Dificuldade de definir pontos representativos.
	Não mensuração simultânea dos elementos do clima.

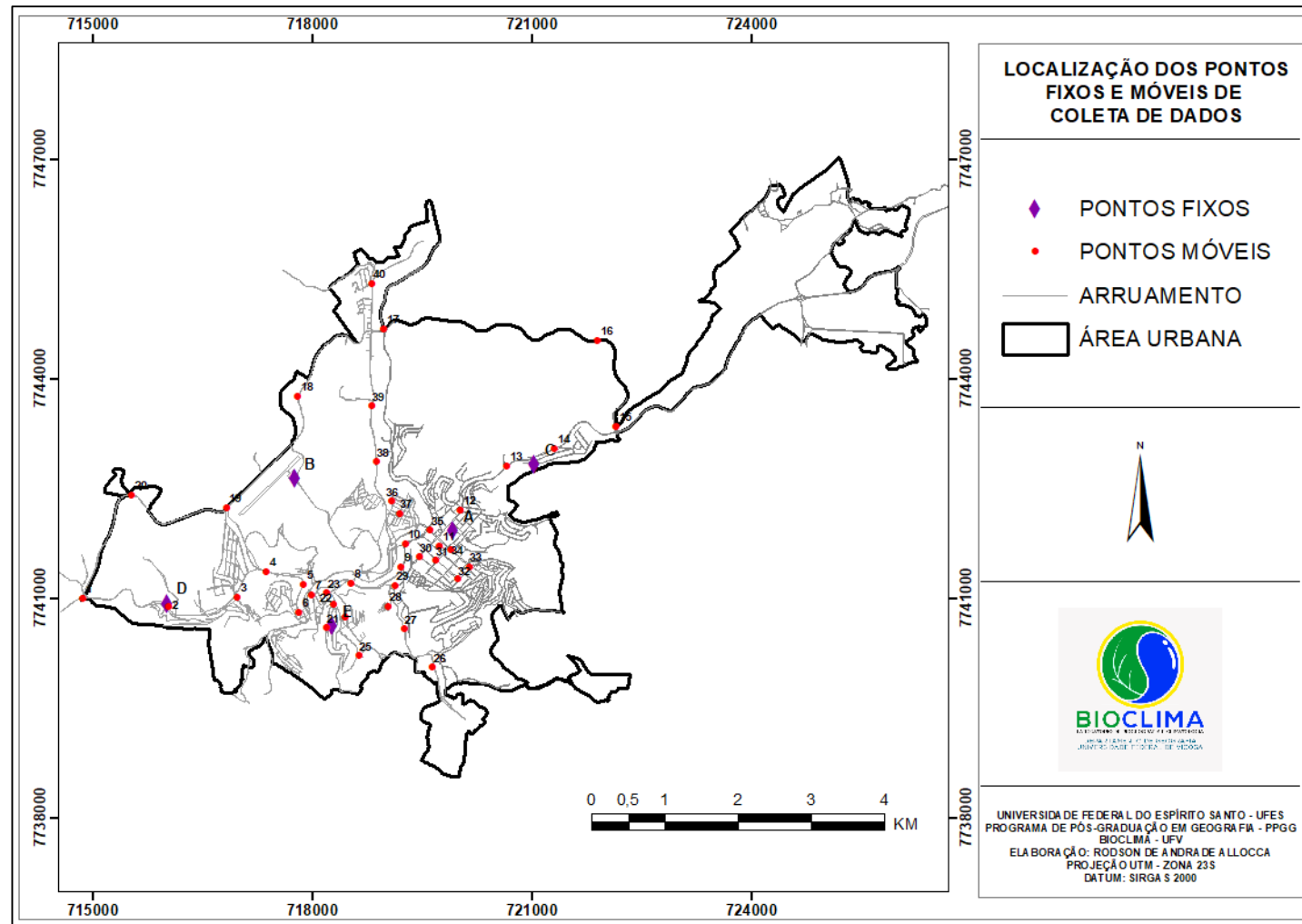
Fonte: adaptado de Fialho (2009). Elaborado pelo autor.

Para o levantamento dos dados em campo na área de estudo, buscou-se estruturar uma rede que contemplasse uma variação das características geoecológicas e geourbanas, contendo, dentro das possibilidades técnico-operacionais da pesquisa, o maior número de pontos possíveis.

Foram estabelecidos dentro da área da pesquisa 40 pontos amostrais (Figura 21), organizados em dois trajetos (rotas) distintos. O Trajeto 1 (Figura 22) é composto por vinte pontos e tem uma extensão total de 21,1 km. Os pontos foram enumerados de 1 a 20 para facilitar a identificação dos mesmos. O Trajeto 2 (Figura 23) tem uma extensão menor (13,5 km) e também é composto por vinte pontos, enumerados de 21 a 40. As informações sobre cada um dos 40 pontos podem ser verificadas na Tabela 7.

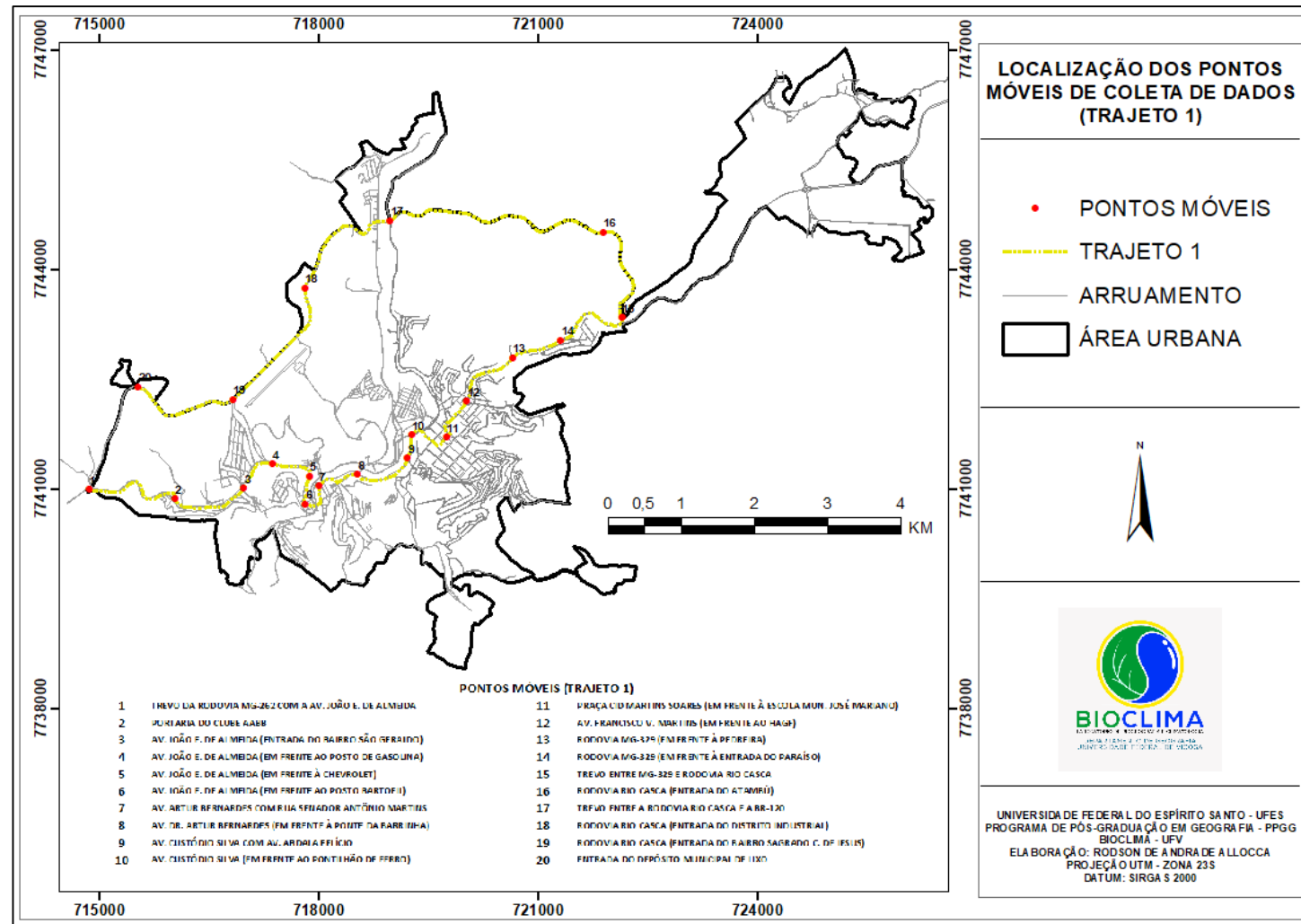
Com uso da técnica de *transects* móveis associada aos levantamentos realizados nos pontos fixos, foi possível uma ampliação da capacidade de monitoramento dos dados térmicos.

Figura 21 - Localização dos pontos fixos e móveis.



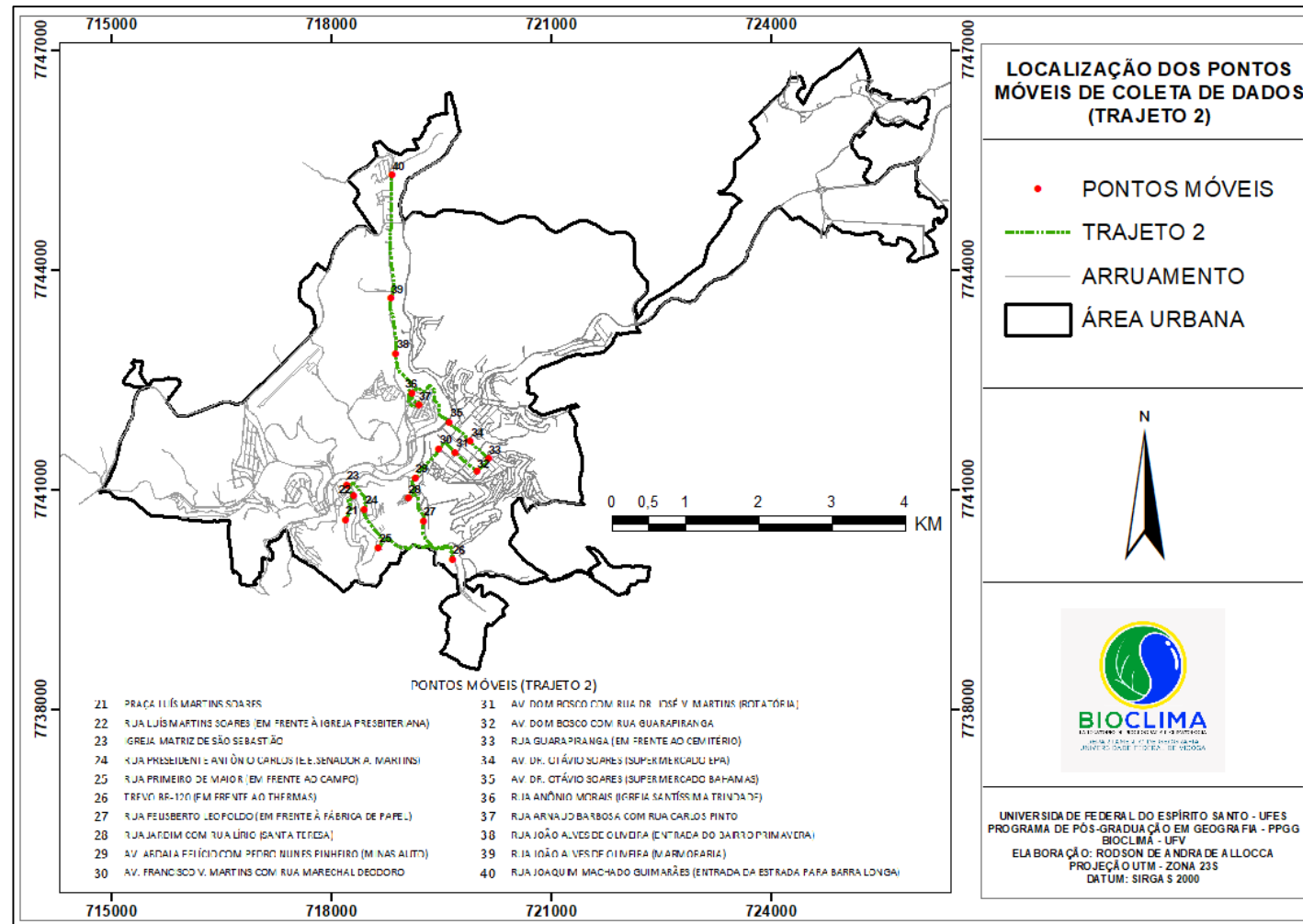
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 22 - Localização dos pontos e traçado do Trajeto 1.






Fonte: elaborado pelo autor.






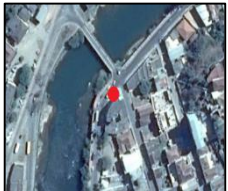

Figura 23 - Localização dos pontos e traçado do Trajeto 2.









Fonte: elaborado pelo autor.






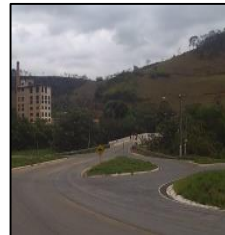
Tabela 7 - Pontos de coleta móveis.







TRAJETO 1					
PONTO	IDENTIFICAÇÃO	CARACTERIZAÇÃO	IMAGEM (AÉREA/SOLO)	COORDENADAS	ALTITUDE (m)
1	TREVO DA RODOVIA MG-262 COM A AV. JOÃO E. DE ALMEIDA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Ausência de edificações; ✓ Presença de vegetação rasteira e arbórea no entorno; ✓ Cobertura asfáltica. 	 	X = 0716043 Y = 7740868	449
2	PORTARIA DO CLUBE AABB	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Presença de vegetação arbórea no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno; ✓ Presença de corpo hídrico no entorno. 	 	X = 0716982 Y = 7741003	503
3	AV. JOÃO E. DE ALMEIDA (ENTRADA DO BAIRRO SÃO GERALDO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Presença de vegetação arbórea no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0716969 Y = 7741019	440






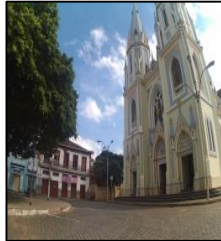
4	AV. JOÃO E. DE ALMEIDA (EM FRENTE AO POSTO DE GASOLINA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0717371 Y = 7741353	464
5	AV. JOÃO E. DE ALMEIDA (EM FRENTE À CHEVROLET)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0717875 Y = 7741198	446
6	AV. JOÃO E. DE ALMEIDA (EM FRENTE AO POSTO BARTOFIL)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0717828 Y = 7740803	420
7	AV. ARTUR BERNARDES COM RUA SENADOR ANTÔNIO MARTINS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno; ✓ Proximidade com o rio Piranga. 	 	X = 0717846 Y = 7742726	413



8	AV. DR. ARTUR BERNARDES (EM FRENTE À PONTE DA BARRINHA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno; ✓ Proximidade com o Rio Piranga. 	 	X = 0718526 Y = 7741207	422
9	AV. CUSTÓDIO SILVA COM AV. ABDALA FELÍCIO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno; ✓ Proximidade com o Rio Piranga. 	 	X = 0719231 Y = 7741431	421
10	AV. CUSTÓDIO SILVA (EM FRENTE AO PONTILHÃO DE FERRO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno; ✓ Proximidade com o Rio Piranga. 	 	X = 0719255 Y = 7741740	414
11	PRAÇA CID MARTINS SOARES (EM FRENTE À ESCOLA MUN. JOSÉ MARIANO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Moderado índice de impermeabilização do solo; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0719746 Y = 7741710	416






12	AV. FRANCISCO V. MARTINS (EM FRENTE AO HAGF)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno; 	 	X = 0720027 Y = 7742209	429
13	RODOVIA MG-329 (EM FRENTE À PEDREIRA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0720624 Y = 7742791	478
14	RODOVIA MG-329 (EM FRENTE À ENTRADA DO PARAÍSO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0721322 Y = 7743055	498







15	TREVO ENTRE MG-329 E RODOVIA RIO CASCA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0722131 Y = 7743280	559
16	RODOVIA RIO CASCA (ENTRADA DO ATAMBU)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Presença moderada de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0721924 Y = 7744514	542
17	TREVO ENTRE A RODOVIA RIO CASCA E A BR-120	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0717808 Y = 7743768	405

18	RODOVIA RIO CASCA (ENTRADA DO DISTRITO INDUSTRIAL)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0717783 Y = 7743767	494
19	RODOVIA RIO CASCA (ENTRADA DO BAIRRO SAGRADO C. DE JESUS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0715535 Y = 7742408	550
20	ENTRADA DO DEPÓSITO MUNICIPAL DE LIXO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0715533 Y = 7742410	581







TRAJETO 2					
21	PRAÇA LUÍS MARTINS SOARES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0718003 Y = 7741026	497
22	RUA LUÍS MARTINS SOARES (EM FRENTE À IGREJA PRESBITERIANA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0718171 Y = 7740561	458
23	IGREJA MATRIZ DE SÃO SEBASTIÃO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno (presença de vegetação arbórea); ✓ Cobertura por calçamento de pedras; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0718302 Y = 7740937	450

24	RUA PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS (EM FRENTE À E.E.SENADOR A. MARTINS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura por calçamento de pedras; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0718258 Y = 7741083	434
25	RUA PRIMEIRO DE MAIO (EM FRENTE AO CAMPO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0718451 Y = 7740756	452
26	TREVO BR-120 (EM FRENTE AO THERMAS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0719649 Y = 7740052	430

27	RUA FELISBERTO LEOPOLDO (EM FRENTE À FÁBRICA DE PAPEL)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno; ✓ Presença de unidade fabril. 	 	X = 0718645 Y = 7740233	414
28	RUA JARDIM COM RUA LÍRIO (SANTA TERESA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0719046 Y = 7740889	437
29	AV. ABDALA FELÍCIO COM PEDRO NUNES PINHEIRO (MINAS AUTO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0719150 Y = 7740893	414

30	AV. FRANCISCO V. MARTINS COM RUA MARECHAL DEODORO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0719470 Y = 7741561	440
31	AV. DOM BOSCO COM RUA DR. JOSÉ V. MARTINS (ROTATÓRIA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada/alta; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura por calçamento de pedras; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0719683 Y = 7741529	382
32	AV. DOM BOSCO COM RUA GUARAPIRANGA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa/moderada; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0719991 Y = 7741264	478

33	RUA GUARAPIRANGA (EM FRENTE AO CEMITÉRIO)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada de edificações no entorno. 	 	X = 0720142 Y = 7741434	477
34	AV. DR. OTÁVIO SOARES (SUPERMERCADO EPA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura por calçamento de pedras; ✓ Alta presença de edificações no entorno. 	 	X = 0720141 Y = 7741434	418
35	AV. DR. OTÁVIO SOARES (SUPERMERCADO BAHAMAS)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego alta; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Alta presença de edificações no entorno. 	 	X = 0719704 Y = 7741778	411

36	RUA ANÔNIO MORAIS (IGREJA SANTÍSSIMA TRINDADE)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0710266 Y = 7758982	420
37	RUA ARNAUD BARBOSA COM RUA CARLOS PINTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego baixa; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0719193 Y = 7742160	446
38	RUA JOÃO ALVES DE OLIVEIRA (ENTRADA DO BAIRRO PRIMAVERA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0718883 Y = 7742830	415

39	RUA JOÃO ALVES DE OLIVEIRA (MARMORARIA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Baixa presença de vegetação no entorno; ✓ Cobertura asfáltica; ✓ Baixa presença de edificações no entorno. 	 	X = 0718811 Y = 7743614	413
40	ENTRONCAMENTO ENTRE A RUA JOAQUIM MACHADO GUIMARÃES E A ESTRADA MUNICIPAL (SENTIDO MUNICÍPIO DE BARRA LONGA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intensidade de tráfego moderada; ✓ Ausência de vegetação no entorno; ✓ Cobertura por calçamento de bloquetes ; ✓ Presença moderada/alta de edificações no entorno. 	 	X = 0718824 Y = 7745301	410

Fonte: elaborado pelo autor.

Na realização dos *transects* móveis foi utilizado um termohigrômetro digital modelo Minipa MT-241 (Figura 24), abrigado em uma estrutura de PVC e acoplado em veículo automotor, adotando o mesmo procedimento realizado por Fialho (2009), Figura 25.

Figura 24 – Termo-higrômetro Minipa mt-241.



Fonte: www.minipa.com.br/temperatura-e-ambiente/termo-higrometros/87-mt-241

Figura 25 - Equipamento de coleta utilizado nos *transects* móveis.



Fonte: Fialho, 2009. adaptado pelo autor.

Antes da utilização do termo-higrômetro Minipa MT-241, o equipamento foi submetido a um procedimento de aferição, que consistiu na colocação do mesmo dentro do abrigo meteorológico da estação oficial do INMET (Figura 26), localizada no Campus da Universidade Federal de Viçosa – MG, para que fossem registrados, a cada cinco minutos, os valores de temperatura. Foram observados também os valores mensurados pelo termômetro de bulbo seco

da estação do INMET, para que, posteriormente, os registros do termo-higrômetro digital pudessem ser comparados aos registros do termômetro da estação.

As coletas dos dados térmicos foram realizadas em dois dias, sendo que o intervalo de coleta do primeiro dia ocorreu entre 09h50min e 11h00min, totalizando 15 registros, e o intervalo de coleta do segundo dia ocorreu entre 15h50min e 16h55min, totalizando 14 registros. No tratamento estatístico, os dados registrados pelo Minipa MT-241 apresentaram uma forte correlação linear com os valores mensurados pelo termômetro da estação do INMET, com Coeficiente de Pearson $r = 0,945$ para a coleta realizada no período da manhã e $r = 0,948$ para a coleta realizada no período da tarde. A partir dos resultados o equipamento foi considerado calibrado para as realizações de coleta em campo.

Figura 26 - Abrigo meteorológico da estação do INMET.



Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor.

O termo-higrômetro utilizado não é automático e, durante os *transects*, os registros foram realizados manualmente por um operador.

Para atender aos objetivos da pesquisa, inicialmente, seriam realizadas duas coletas, sendo uma na estação do verão e outra na estação de inverno, contudo, além das coletas de verão e inverno, foram realizadas também coletas no outono e na primavera. As coletas de outono e primavera foram realizadas apenas no período noturno, no horário das 18h00min.

Excetuando-se as coletas de outono e primavera, as demais coletas foram realizadas em três horários distintos (09h00min, 15h00min e às 18h00min) adaptados e selecionados com base na proposta de variação diuturna da temperatura do ar (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.53).

Considerando a dinâmica de radiação solar, o primeiro horário está dentro do período de aquecimento inicial da atmosfera; o segundo horário representa o período de maior aquecimento; e o terceiro horário estaria dentro do período em que a atmosfera se encontra em processo de resfriamento, devido à ausência de radiação solar direta ocasionada pelo pôr do sol.

Os trabalhos de Fialho (2009) e Correa (2014) apresentaram propostas semelhantes no que diz respeito aos horários de coleta, contudo, para a coleta realizada na mancha urbana de Ponte Nova, foi feita uma adaptação em relação ao terceiro horário. Este foi antecipado para 18h00min em função de questões de segurança, considerando que na área da pesquisa alguns pontos encontravam-se em locais ermos, nos limites do perímetro urbano e às margens de rodovias. As informações sobre cada episódio de coleta estão organizadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Datas das coletas móveis, estação do ano e tempo de duração.

Data	Estação do Ano	Período	Rota	Horário Inicial	Tempo total decorrido ⁴
18/03/2017	Verão	Manhã	1	09:00	02h e 29min
			2	10:26	
		Tarde	1	15:00	02h e 10min
			2	16:15	
		Noite	1	18:00	02h
			2	18:58	
12/05/2017	Outono	Noite	1	18:00	01h e 57min
			2	19:07	
27/07/2017	Inverno	Manhã	1	09:00	02h e 10min
			2	10:14	
		Tarde	1	15:00	02h e 08min
			2	16:16	
		Noite	1	18:00	01h e 57min
			2	19:08	
18/12/2017 ⁵	Primavera	Noite	1	19:00	01h e 54min
			2	20:04	

Fonte: elaborada pelo autor.

⁴ Ao tempo decorrido está somado o tempo gasto no deslocamento entre o ponto final da primeira rota e o ponto inicial da segunda rota.

⁵ Na coleta do dia 18/12/2017 foi feita a compensação do horário de verão.

A dimensão da área abarcada pela pesquisa, a disponibilidade limitada de indivíduos para execução da coleta e outras questões técnico-operacionais, condicionou a realização dos *transects* móveis a partir de duas rotas percorridas de forma consecutiva.

Muitos trabalhos, que se utilizam da técnica de *transects* móveis, realizam as coletas em intervalos temporais que não ultrapassam o limite máximo de uma hora, contudo a duração da coleta completa (Rotas 1 e 2) em cada episódio variou entre 01h e 57min (coleta mais rápida) e 02h e 29min (coleta mais lenta), fato que gerou uma defasagem temporal durante a coleta dos dados.

No trabalho de Steffens et al. (2001) que investiga a ocorrência da Ilha de Calor durante o verão na cidade de Temuco, Chile, o tempo de realização dos *transects* foi de aproximadamente duas horas. Nesse caso, os autores submeteram os dados coletados a uma correção, tendo como referência a variação linear da temperatura de uma estação fixa.

Ao estudar o Clima Urbano de Viçosa, Minas Gerais, Fialho (2009) submeteu os dados de temperatura coletados através dos *transects* móveis à correção, tomando como referência as variações dos dados registrados na estação meteorológica oficial do INMET, situada no campus da Universidade Federal de Viçosa, conforme pode ser observado o exemplo na Figura 27.

Figura 27 - exemplo de correção da temperatura do ar.

Ponto	Hora	Temp.	Temp. 1	DIF.	Temp. Corrigida
1	9:00	20,0	21,0	0,0	20,0
2	9:10	21,0	21,3	0,3	20,7
3	9:20	21,2	21,6	0,6	20,6
4	9:30	21,8	22,0	1,0	20,8
5	9:40	21,6	22,3	1,3	20,3
6	9:50	22,0	22,6	1,6	20,4
7	10:00	21,8	23,0	2,0	19,8

Temp. – Temperatura observada em campo.
Temp. 1 – Temperatura da Estação Automática.
DIF – Diferença da Temp. 1 ao longo do tempo de 1:00 hora.
Temp. Corrigida – Subtrai a DIF da Temp. para o caso das medidas diurnas, quando se registra uma tendência de aumento da temperatura e o inverso para à noite, que se verifica um resfriamento.

Fonte: Fialho (2009).

No estudo da Ilha de Calor na cidade de Alicante, Espanha, desenvolvido por Martínez (2014), as coletas de dados, realizadas em dez episódios através da técnica de *transects* móveis, tiveram uma duração média de 01h e 56min. Os dados coletados também foram submetidos à correção a partir de uma estação fixa.

Na pesquisa sobre o campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto em Vitória, Espírito Santo, Correa (2014) baseou-se na metodologia de correção da temperatura proposta por Fialho (2009), aplicando o mesmo procedimento na correção dos dados de

temperatura, tendo, contudo, por referência a estação meteorológica automática do INMET, situada na Universidade Federal do Espírito Santo.

Nos experimentos supracitados, as formas de correção dos dados térmicos assemelham-se, pois dentro da área da pesquisa, de maneira geral, todos os valores registrados nos pontos móveis são corrigidos a partir da variação dos dados observada em uma única estação fixa.

Para a realização da correção dos dados coletados nesta pesquisa, o método, embora baseado nos autores acima, apresentou variação e pode ser considerado experimental. Foi realizada uma adaptação do número de estações fixas utilizadas como referência para observação das variações dos dados térmicos no decorrer da coleta móvel e os pontos móveis foram corrigidos de forma setorizada.

O uso do método de correção dos dados, adaptado à realidade da pesquisa, foi fundamental para que nos registros dos valores térmicos pudesse ser compensada a defasagem temporal decorrente do deslocamento entre os pontos de coleta.

4.4 MÉTODO DE CORREÇÃO DOS DADOS

Na observação do campo térmico, o ideal é que os registros dos dados sejam efetuados simultaneamente. Nesse sentido, seria necessária uma estrutura complexa para que isso ocorresse em todos os pontos amostrais.

Por não dispor de uma equipe numerosa e equipamentos suficientes, a utilização dos *transects* móveis foi adotada por representar uma alternativa mais viável no levantamento dos dados. Inevitavelmente, entre o registro efetuado no primeiro e no último ponto do *transect* ocorre uma defasagem temporal que pode representar também uma variação nas condições da temperatura. Desse modo, com o intuito de comparar os dados para um mesmo horário de registro, fez-se necessário submeter os valores registrados na coleta móvel a uma correção, com base na variação da temperatura ocorrida durante a realização de cada etapa dos *transects*.

A correção dos dados foi realizada por um método experimental, elaborado pelo autor, adaptado da proposta de Martínez (2014). No método proposto, os pontos fixos, instalados na área da pesquisa, foram utilizados como referência para observação da variação térmica registrada durante o tempo de execução dos *transects* móveis.

Com o intuito de minimizar a superestimação ou subestimação dos dados, foram configurados, a partir dos pontos fixos, setores de correção, conforme pode ser observado na Figura 28. Cada ponto fixo foi elencado para servir de referência na correção dos pontos móveis

dentro de um raio de, aproximadamente, dois quilômetros e meio. Esse procedimento foi adotado para que, na correção, os pontos móveis fossem corrigidos pelo ponto fixo alocado numa área com características geológicas semelhantes, considerando que esse fator, embora não seja o único determinante, possa ter influência no comportamento térmico.

Para a correção dos dados, utilizou-se a seguinte equação:

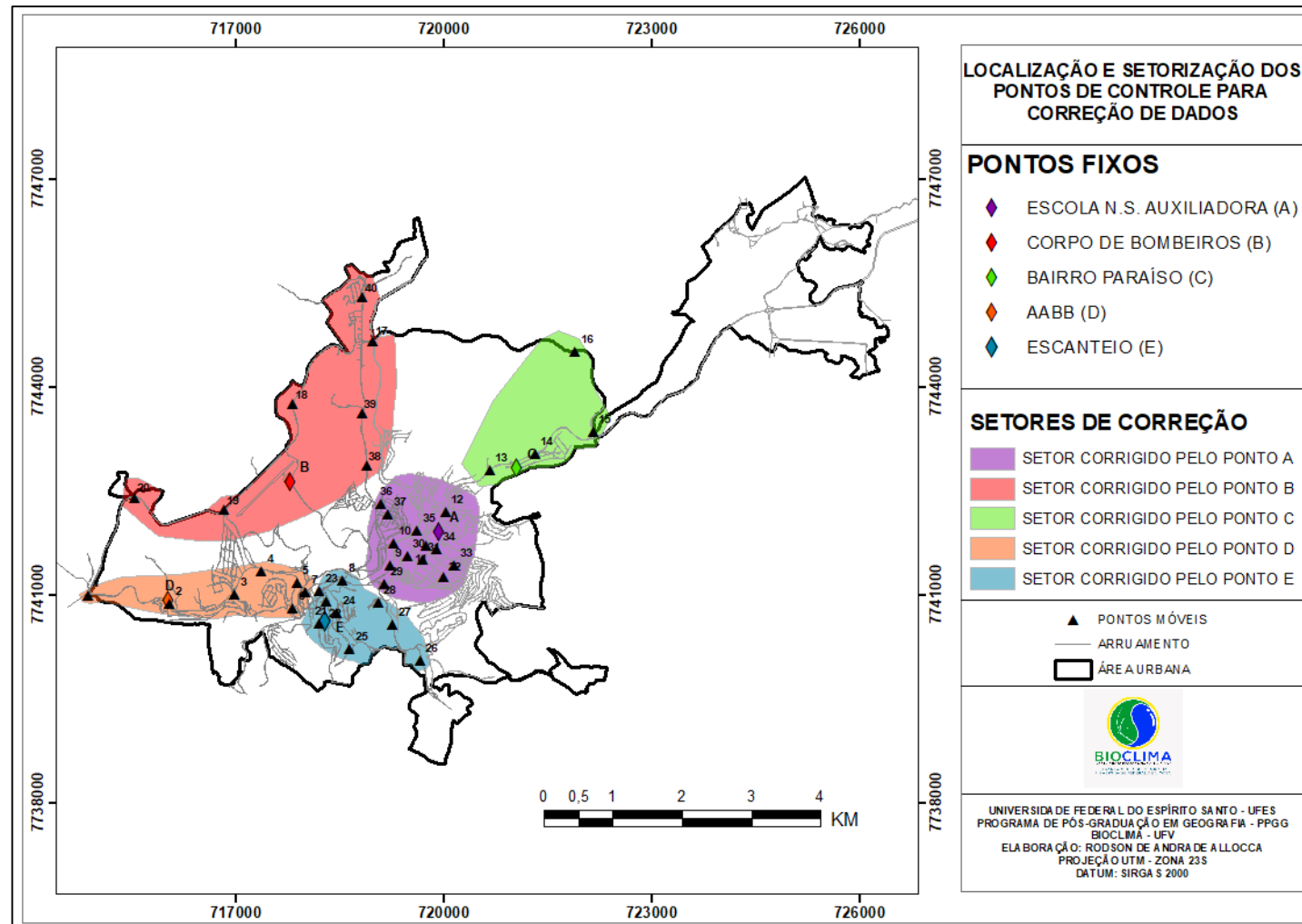
$$T_c = T_{sc} \pm (t_d \times \frac{\Delta T_{pc}}{60}) \quad (1)$$

sendo: T_c (temperatura corrigida); T_{sc} (temperatura sem correção); t_d (tempo decorrido); $\frac{\Delta T_{pc}}{60}$ (variação de temperatura por minuto no ponto de controle). Para cada setor de correção, foram utilizados na equação dados do ponto de referência específico do setor, ou seja, em cada setor os valores utilizados na correção foram diferentes, específicos.

A variação da temperatura foi observada em intervalos horários em cada ponto de controle. Para cada hora, foi calculada a variação da temperatura por minuto e para todos os valores mensurados dentro desse intervalo horário, utilizada esta variação por minuto como constante na correção dos dados.

Para uma melhor compreensão, segue uma exemplificação do uso do método a partir de dados hipotéticos. Imaginemos que o no Ponto 10 do *transect* móvel, foi registrada a temperatura de 32° C, às 09h20min. Para sua correção, foi apurado que no seu ponto fixo de controle, entre 09h00min e 10h00min, houve uma variação positiva da temperatura de 0,02° C/min. Então, a partir da aplicação da equação, temos: $T_c = 32 - (20 \times 0,02)$, logo, $T_c = 31,6$ °C. O procedimento faz a compensação das diferenças nos valores de temperatura, corrigindo a defasagem.

Figura 28 - Espacialização dos pontos de controle de correção setorizada.



Fonte: elaborado pelo autor.

Quando observado um aquecimento do ar atmosférico no intervalo horário, foi diminuído da temperatura registrada sem correção o produto do tempo decorrido pela variação da temperatura por minuto. Nos intervalos horários em que foi observado resfriamento atmosférico, acrescentou-se ao valor da temperatura sem correção o valor do produto do tempo decorrido pela variação da temperatura por minuto.

Nos casos em que a coleta em determinado ponto aconteceu após o intervalo da primeira hora, foi considerada a variação de temperatura na primeira hora e estabelecida uma nova constante de variação por minuto, com base nas alterações de temperatura registradas no ponto fixo na hora subsequente.

4.5 SKY VIEW FACTOR (SVF)

Nos estudos de Clima Urbano, uma análise abrangente dos fatores que contribuam para a configuração espacial do campo térmico e favoreça sua compreensão é imprescindível.

A formação de condições climáticas intraurbana, derivadas diretamente da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação, morfologia e funcionalidades urbanas, gerando paralelamente ao clima da cidade (clima local/urbano), bolsões climáticos intraurbanos diferenciados (ilhas de calor, ilhas de frescor, topoclimas, microclimas) carece ainda de mais atenção dos estudiosos do clima das cidades. (MENDONÇA, 2015, p.95).

Nesse contexto, uma análise da geometria urbana é tomada como um parâmetro importante. Segundo Chapman (2007), os obstáculos presentes nas áreas urbanas influenciam na dinâmica de entrada e dispersão da radiação, alterando o comportamento da temperatura.

O uso da técnica de análise do *Sky View Factor* (SVF) ou Fator de Visão do Céu, por representar a razão entre a porção visível e a porção potencialmente disponível do céu a partir de um ponto (CHAPMAN et al., 2007), contribui para o entendimento do comportamento térmico do local sob análise. Deste modo, contribui para que possa ser avaliado de que modo as estruturas urbanas atuam, ou não, na formação de áreas mais aquecidas ou mais frescas.

O índice do SVF varia de 0 (zero) a 1, sendo que os valores mais próximos de 0 (zero) representam maior obstrução do céu e os valores mais próximos de 1, menor obstrução do céu, ou seja, maior fator de visão.

No levantamento dos dados de SVF foi utilizada uma câmera fotográfica com lente angular olho de peixe para registro das imagens hemisféricas em cada ponto de coleta de dados de temperatura na área da pesquisa (Figura 29). Os registros fotográficos foram obtidos com base nos procedimentos adotados por Collischonn e Ferreira (2015). A câmera foi acoplada a

um tripé, nivelada horizontalmente, com seu topo orientado para o norte e a lente voltada para a abobada celeste

Figura 29 - Obtenção das fotografias hemisféricas.



Fonte: registro fotográfico feito pelo autor.

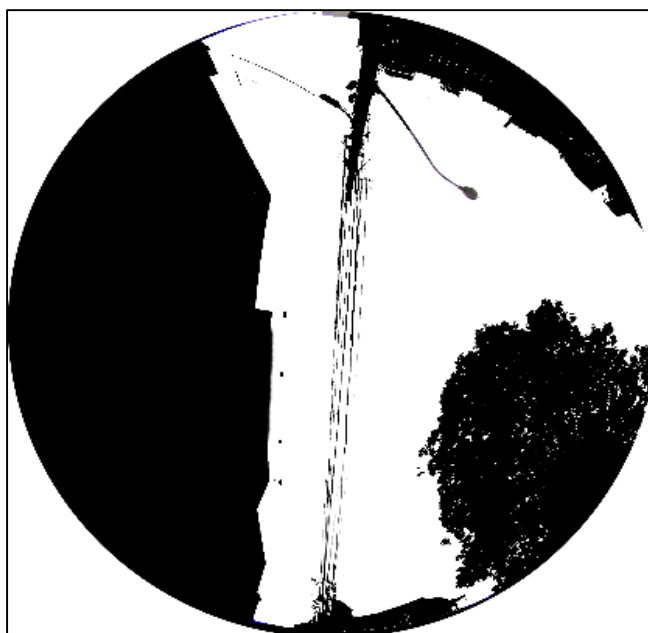
Os registros fotográficos (Figura 30) foram editados no software *Adobe Photoshop* e, a partir da inserção das imagens (Figura 31) no software *RayMan 1.2* (disponível para download no endereço <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/intro.htm>), foram gerados gráficos polares (Figura 32) em que é possível ser verificada a trajetória solar aparente e o tempo de exposição do ponto à radiação solar. Além do gráfico polar, o programa gera um quadro síntese (Figura 33) com as informações sobre o fator de visão do céu no ponto sob análise e, desse modo, o uso de tais informações pôde auxiliar na compreensão da dinâmica térmica local.

Figura 30 - Registro fotográfico sem edição.



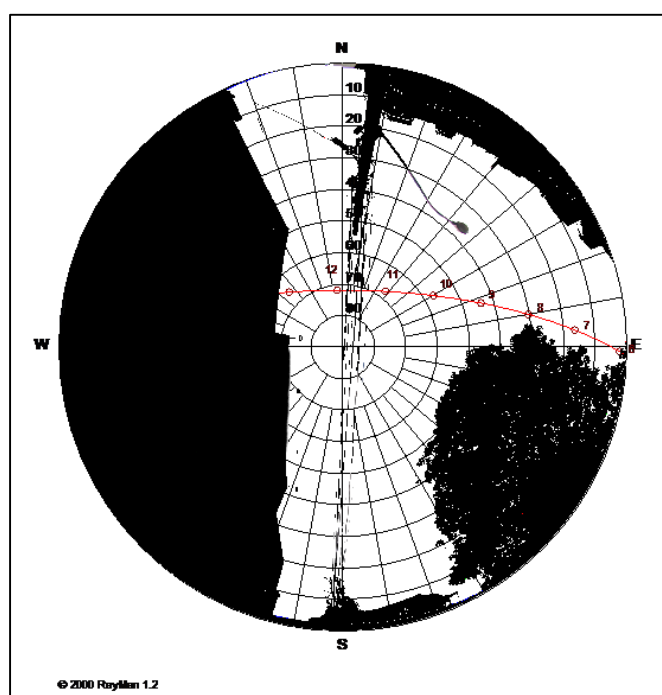
Fonte: registro fotográfico efetuado pelo autor.

Figura 31 - Registro fotográfico após edição.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 32 - Gráfico polar com trajetória aparente do sol gerado no software rayman 1.2.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33 - Síntese de informações sobre o SVF do ponto analisado.

RayMan 1.2 © 2000													
Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany													
place: Brasilien (Rio de Janeiro)													
Horizon limitation: 53.4%				sky view factor: 0.466									
geogr. longitude: -42°53'				latitude: -20°24'		timezone: UTC -3.0 h							
personal data:		height: 1.75 m	weight: 75.0 kg	age: 35 a	sex: m	clothing: 0.9 clo	activity: 80.0 W						
date	day of year	time h:mm	sun rise	sun set	Gact W/m2	Sact W/m2	Dact W/m2	Ts °C	Ta °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
18.03.2017	77	9:00	5:51	17:56	612	493	119	35.7	20.0	49.2	1.1	29.1	25.3

Fonte: gerado no Rayman e organizado pelo autor.

O entendimento e conhecimento dos procedimentos práticos para a aplicação da técnica foi adquirido através da participação em um minicurso sobre SVF, ofertado pela equipe do BIOCLIMA-UFV e ministrado na ocasião do II Seminário de Geografia e Clima, realizado em 2017 no Departamento de Geografia da Universidade Federal de Viçosa.

A aplicação da técnica baseou-se nos experimentos realizados por Ferreira e Fialho (2016) e Fernandes (2017) que utilizaram o fator de visão do céu como método de análise complementar na compreensão do comportamento do campo térmico no município de Viçosa, Minas Gerais.

Como referência para a classificação dos índices do SVF (Tabela 9), foi considerada a proposta de Collischonn e Ferreira (2015), em que:

Tabela 9 - Classificação dos valores de SVF.

Classificação	Intervalo de valor do <i>Sky View Factor</i>
Alta Obstrução	0 a 0,400
Obstrução Moderada	0,401 a 0,700
Baixa Obstrução	0,701 a 1

Fonte: Adaptado de COLLISCHONN E FERREIRA (2015). Organizado pelo autor.

4.6 PROCEDIMENTOS DE ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS

As análises desenvolvidas na pesquisa basearam-se na observação de diferentes produtos cartográficos. Para a confecção destes produtos, foi utilizado o software ArcGIS 10.1 *by Esri*.

A base de dados espaciais foi obtida junto ao IBGE, no endereço eletrônico: <ftp://geofp.ibge.gov.br/>.

Para abranger a cobertura total dos pontos de coleta na área da pesquisa, foram utilizadas as seguintes bases cartográficas: do limite municipal, de área urbana, dos setores censitários e imagem de satélite da área urbana obtida através do programa SAS.Planet⁶.

O traçado do perímetro urbano foi atualizado e apresenta compatibilidade com o traçado do perímetro disponibilizado, em formato de arquivo PDF, pela Prefeitura Municipal de Ponte Nova. É importante salientar que não há uma base cartográfica no formato *shapefile* disponibilizada pela administração municipal. Assim, foi importante a realização da adaptação a partir da base de dados disponibilizada pelo IBGE.

A organização dos dados vetoriais teve início com a criação de um projeto no SIG com as seguintes características:

- ✓ Sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator (UTM);
- ✓ Datum: Sirgas 2000;
- ✓ Zonal 23 Sul;
- ✓ Imagem de satélite da área urbana.

4.6.1 Modelo digital de elevação, mapa hipsométrico e mapa de radiação global

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi confeccionado a partir da aquisição do arquivo *shapefile* da área da pesquisa, junto ao banco de dados do IBGE, de onde também foi obtido o arquivo contendo as curvas de nível do terreno com intervalo de 20 metros. Os arquivos foram utilizados para a criação de uma base de dados topográficos em malha triangular, arquivos do tipo *.tin* (*triangulação irregular network*) no software *ArcMap*, do pacote ArcGIS 10.1.

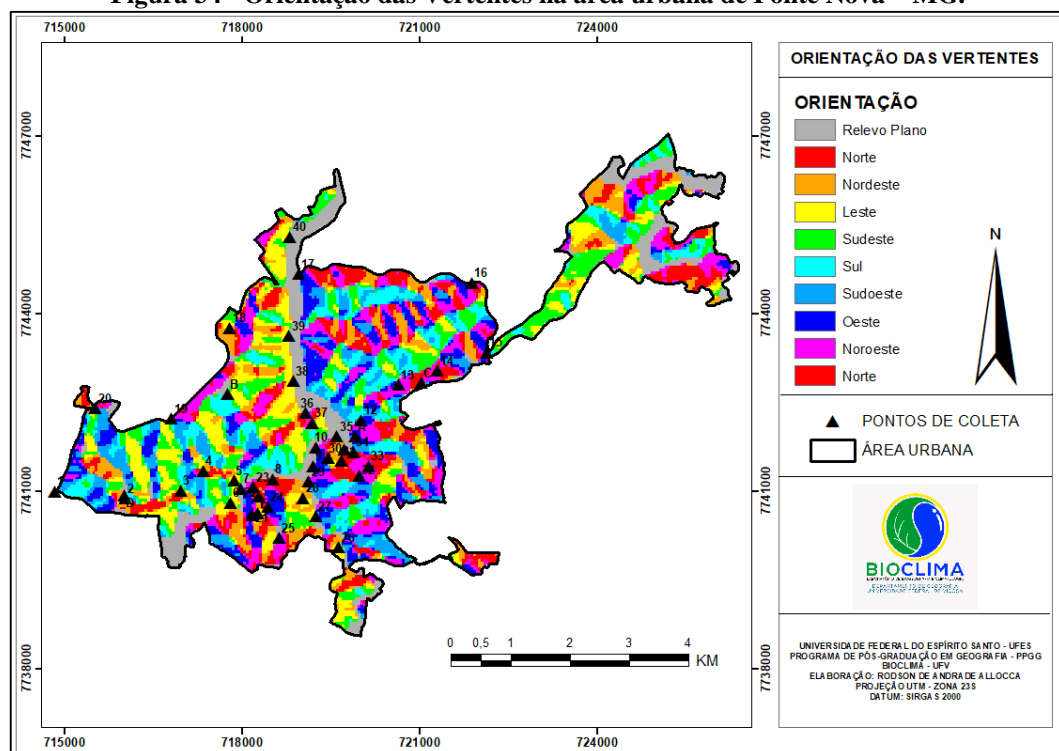
⁶ O programa SAS.Planet é uma ferramenta eficaz para a navegação através dos mais variados serviços online de mapas: Google Earth, Google Maps, OpenStreetMap, Bing Maps, ESRI Maps, Yahoo Maps, Nokia, Navitek e muitos outros serviços. Disponível para download gratuito em: https://bitbucket.org/sas_team/sas.planet.bin/downloads/

O procedimento possibilitou a geração do MDE da área urbana e também do mapa hipsométrico do município de Ponte Nova - MG, conforme pôde ser verificado no tópico 2 de caracterização da área de pesquisa.

4.6.2 Elaboração do mapa de orientação de vertentes, de declividade do terreno e de radiação global

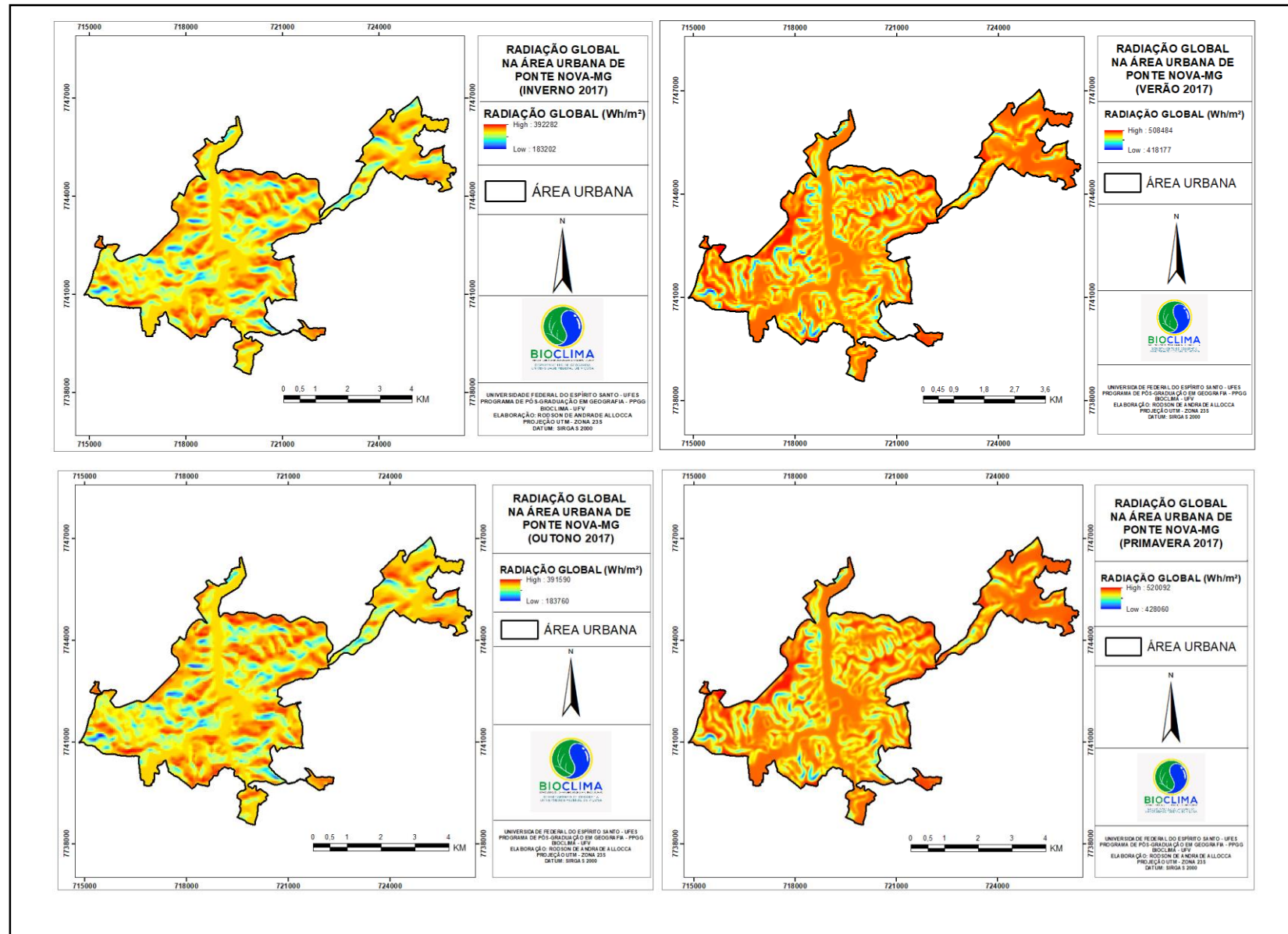
Utilizando como base o MDE e o *shapefile* da área urbana no software ArcMap, foram elaborados outros três planos cartográficos: o mapa de orientação de vertentes (Figura 34), gerado a partir da ferramenta *Aspect* em *Spatial Analyst Tools*; o mapa de declividade do terreno (apresentado anteriormente na Figura 3), gerado com o uso da ferramenta *Slope* em *Spatial Analyst Tools*; e os mapas de radiação global (Figura 35), gerado com o uso da ferramenta *Solar Radiation* em *Spatial Analyst Tools*.

Figura 34 - Orientação das Vertentes na área urbana de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 35 - Radiação Global na área urbana de Ponte Nova – MG.



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6.3 Elaboração dos mapas de uso e ocupação da terra, de densidade demográfica e de expansão da mancha urbana

O mapa de uso e ocupação foi elaborado utilizando-se o arquivo *shapefile* da área urbana com uma sobreposição da imagem de satélite da mesma área. Com a sobreposição, as diferentes classes de uso e ocupação foram geradas no ArcMap através da criação de diferentes polígonos, os quais representam as diferentes classes. Após a criação dos polígonos, a imagem de satélite foi suprimida.

Para a geração do mapa de densidade demográfica foram utilizados os dados síntese do censo de 2010 elaborado pelo IBGE e disponível no endereço eletrônico: <ftp://ftp.ibge.gov.br/>. Os dados dos setores censitários foram organizados e foi calculada a área de cada setor. Optou-se pelo uso da relação habitantes por hectare⁷ (ACIOLY, 1998) em função da dimensão da área urbana.

O mapa de expansão urbana foi elaborado a partir da proposta de fases de expansão do município (MARCHI et al., 2005) e com base nos apontamentos de Ribeiro Filho (1993). Utilizando o arquivo *shapefile* da área urbana e dos arruamentos adquiridos junto ao banco de dados do IBGE, foram criados polígonos que representassem cada uma das etapas, ou fases, da expansão urbana.

4.6.4 Elaboração dos mapas do campo térmico

Na geração dos mapas térmicos, utilizou-se o *Inverse Distance Weighting* (IDW) como método de interpolação dos dados, baseado nos resultados obtidos por Correa (2014). Tendo como base os arquivos *shapefile* da área urbana e também do arruamento, foram inseridas as informações obtidas pelas coletas episódicas realizadas através da associação técnica de *transects* móveis e por registros em pontos fixos.

Os valores térmicos foram interpolados utilizando-se a ferramenta IDW no software ArcMap e, então, foram criadas as classes de temperatura baseadas em intervalos fixos de 1°C entre classes.

⁷ Cada hectare é equivalente a 10000 m².

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5. RESULTADOS

5.1 DADOS DOS PONTOS FIXOS

Na pesquisa sobre o campo térmico no município de Ponte Nova – MG, foi criada uma rede de monitoramento da temperatura do ar a partir de pontos fixos de coleta de dados. O monitoramento ocorreu a partir de registros horários, durante o período compreendido entre 15/02/2017 e 09/01/2018, gerando um grande banco de dados, cujas informações serão apresentadas nos tópicos que se seguem.

Comparativo das temperaturas médias mensais

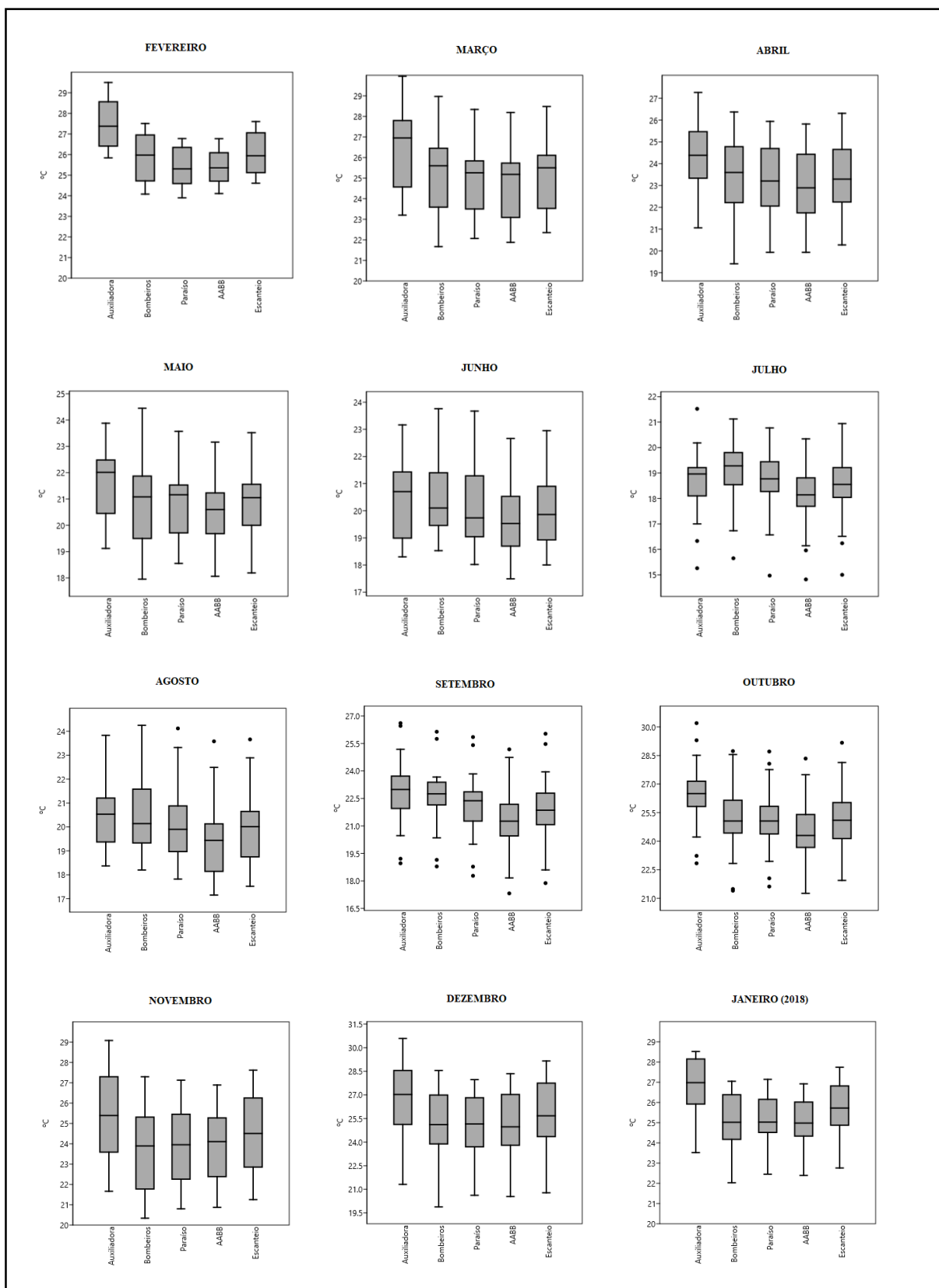
Os dados coletados em cada ponto foram organizados em planilhas do Excel, onde foi gerada a média diária em cada ponto de coleta e também a média mensal. Posteriormente, os dados organizados foram utilizados para a elaboração de diferentes produtos gráficos (Figuras 36 e 37) onde podem ser visualizados os comparativos das médias entre os pontos, demonstrando as diferenças térmicas registradas entre eles.

A partir da leitura dos gráficos, é possível identificar que na maioria dos meses o ponto fixo localizado na Escola Nossa Senhora Auxiliadora (Ponto A) apresentou valores térmicos mais elevados e o ponto localizado no clube AABB (Ponto D) apresentou menores valores térmicos do que os demais pontos. As exceções foram os meses de junho, julho e novembro, nos quais o ponto fixo situado no Corpo de Bombeiros (Ponto B) apresentou maiores médias térmicas comparado aos demais pontos.

O comportamento térmico observado no Ponto A, com maiores médias térmicas em quase todos os meses do período de observação, possivelmente está relacionado à sua localização. O ponto situa-se em um ambiente com alta taxa de adensamento construtivo e de maior dinâmica da área urbana, uma vez que em seu entorno localiza-se a principal área comercial da cidade, com grandes fluxos diários de pessoas e veículos.

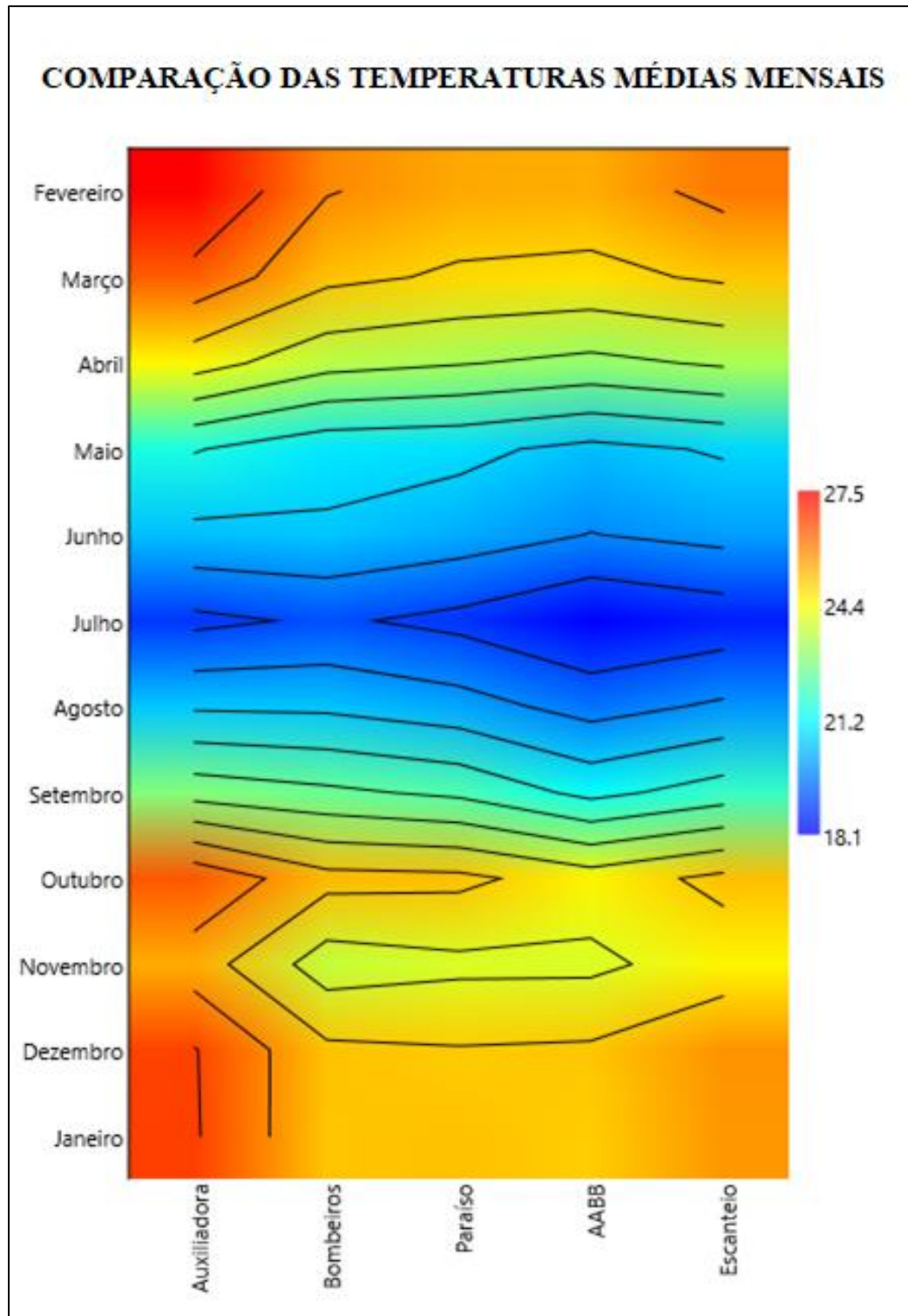
Através dos gráficos, fica também evidenciada a baixa variação entre as médias térmicas, a cada mês, observadas nos demais pontos (excetuando-se o Ponto A). Neste sentido, considerando que há uma diferenciação nas características geoambientais entre os locais onde cada ponto foi alocado, evidencia-se, ainda que de forma inicial, o fato de que, embora o sítio exerça influência no comportamento térmico, outros fatores podem ter maior contribuição na determinação dos resultados obtidos.

Figura 36 - Variação das médias de temperatura registradas nos pontos fixos de coleta (Período: Fev. 2017 a Jan. 2018).



Fonte: elaborado por Fábio de Oliveira Sanches; organizado pelo autor.

Figura 37 - Comparação das temperaturas médias mensais dos pontos fixos de coleta.



Fonte: elaborado por Fábio de Oliveira Sanches.

Complementando a análise, pode-se observar a Figura 38 contendo uma tabela onde estão organizadas informações sobre o comportamento térmico em cada ponto fixo, mês a mês, ao longo do período de coletas.

Figura 38 - Tabela síntese de informações estatísticas, em °C, sobre os registros térmicos nos pontos fixos.

ANO	MÊS		Auxiliadora	Corpo de Bombeiros	Paraíso	AABB	Escanteio
2017	FEVEREIRO	Média	27,53	25,85	25,44	25,39	26,04
		Mediana	27,38	25,98	25,31	25,36	25,95
		V.Maximo	29,50	27,51	26,78	26,77	27,60
		V. Mínimo	25,84	24,08	23,90	24,11	24,61
		Amplitude	3,66	3,43	2,88	2,66	2,99
	MARÇO	Média	26,38	25,14	24,83	24,74	25,06
		Mediana	26,95	25,60	25,26	25,18	25,50
		V.Maximo	29,95	28,97	28,34	28,19	28,48
		V. Mínimo	23,20	21,67	22,07	21,88	22,35
		Amplitude	6,75	7,30	6,27	6,31	6,13
	ABRIL	Média	24,45	23,51	23,27	23,00	23,33
		Mediana	24,39	23,60	23,21	22,90	23,30
		V.Maximo	27,27	26,37	25,94	25,82	26,31
		V. Mínimo	21,06	19,41	19,94	19,94	20,28
		Amplitude	6,21	6,96	6,00	5,88	6,03
	MAIO	Média	21,55	20,93	20,83	20,41	20,72
		Mediana	22,01	21,08	21,16	20,60	21,05
		V.Maximo	23,88	24,45	23,57	23,16	23,52
		V. Mínimo	19,12	17,95	18,55	18,06	18,19
		Amplitude	4,76	6,50	5,02	5,10	5,33
	JUNHO	Média	20,43	20,51	20,19	19,75	20,02
		Mediana	20,71	20,10	19,74	19,53	19,86
		V.Maximo	23,16	23,76	23,67	22,66	22,95
		V. Mínimo	18,30	18,53	18,02	17,49	18,00
		Amplitude	4,86	5,23	5,65	5,17	4,95
	JULHO	Média	18,71	19,04	18,68	18,05	18,40
		Mediana	18,96	19,28	18,77	18,14	18,55
		V.Maximo	21,52	21,12	20,77	20,34	20,94
		V. Mínimo	15,26	15,65	14,97	14,82	15,00
		Amplitude	6,26	5,47	5,80	5,52	5,94
	AGOSTO	Média	20,53	20,48	20,12	19,46	19,91
		Mediana	20,53	20,14	19,90	19,44	20,01
		V.Maximo	23,83	24,25	24,12	23,58	23,66
		V. Mínimo	18,37	18,20	17,82	17,15	17,52
		Amplitude	5,46	6,05	6,30	6,43	6,14
	SETEMBRO	Média	22,86	22,53	22,18	21,25	21,89
		Mediana	22,99	22,75	22,38	21,26	21,86
		V.Maximo	26,61	26,14	25,85	25,18	26,03
		V. Mínimo	18,96	18,79	18,28	17,32	17,88
		Amplitude	7,65	7,35	7,57	7,86	8,15
	OUTUBRO	Média	26,46	25,23	25,15	24,50	25,16
		Mediana	26,50	25,06	25,06	24,30	25,10
		V.Maximo	30,20	28,73	28,71	28,34	29,17
		V. Mínimo	22,84	21,40	21,62	21,26	21,94
		Amplitude	7,36	7,33	7,09	7,08	7,23
	NOVEMBRO	Média	25,39	23,64	23,89	23,90	24,49
		Mediana	25,39	23,89	23,95	24,11	24,51
		V.Maximo	29,08	27,30	27,13	26,89	27,62
		V. Mínimo	21,66	20,34	20,80	20,87	21,25
		Amplitude	7,42	6,96	6,33	6,02	6,37
	DEZEMBRO	Média	26,71	25,12	25,00	25,07	25,71
		Mediana	27,03	25,11	25,15	24,97	25,67
		V.Maximo	30,59	28,55	27,97	28,35	29,16
		V. Mínimo	21,31	19,88	20,62	20,54	20,78
		Amplitude	9,28	8,67	7,35	7,81	8,38
2018	JANEIRO	Média	26,74	25,09	25,14	24,98	25,66
		Mediana	26,98	25,02	25,03	24,98	25,72
		V.Maximo	28,52	27,05	27,14	26,92	27,74
		V. Mínimo	23,52	22,03	22,45	22,39	22,76
		Amplitude	5,00	5,02	4,69	4,53	4,98

Fonte: elaborado por Fábio de Oliveira Sanches; organizado pelo autor.

A partir das informações, foi organizada uma nova tabela (Figura 39) na qual é possível a constatação do comportamento de cada ponto em relação a maiores e menores médias térmicas mensais, assim como as maiores e menores amplitudes térmicas. Mais uma vez, evidencia-se o fato de que, na maior parte do período de monitoramento, no Ponto A foram registradas as maiores e no Ponto D as menores médias térmicas. A amplitude se mostrou mais variável.

Figura 39 – Tabela indicando os dos pontos fixos que registraram as maiores/menores médias e amplitudes térmicas.

ANO	MÊS	MÉDIAS TÉRMICAS		AMPLITUDE TÉRMICA	
		MAIOR	MENOR	MAIOR	MENOR
2017	FEVEREIRO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)
	MARÇO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	Escanteio (Ponto E)
	ABRIL	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	AABB (Ponto D)
	MAIO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	Auxiliadora (Ponto A)
	JUNHO	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	AABB (Ponto D)	Paraíso (Ponto C)	Auxiliadora (Ponto A)
	JULHO	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	AABB (Ponto D)	Auxiliadora (Ponto A)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)
	AGOSTO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	AABB (Ponto D)	Auxiliadora (Ponto A)
	SETEMBRO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Escanteio (Ponto E)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)
	OUTUBRO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)
	NOVEMBRO	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	Paraíso (Ponto C)	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)
	DEZEMBRO	Auxiliadora (Ponto A)	Paraíso (Ponto C)	Auxiliadora (Ponto A)	Paraíso (Ponto C)
2018	JANEIRO	Auxiliadora (Ponto A)	AABB (Ponto D)	Corpo de Bombeiros (Ponto B)	AABB (Ponto D)

Fonte: elaborado pelo autor.

Comportamento horário das temperaturas nos meses de realização dos *Transects* Móveis

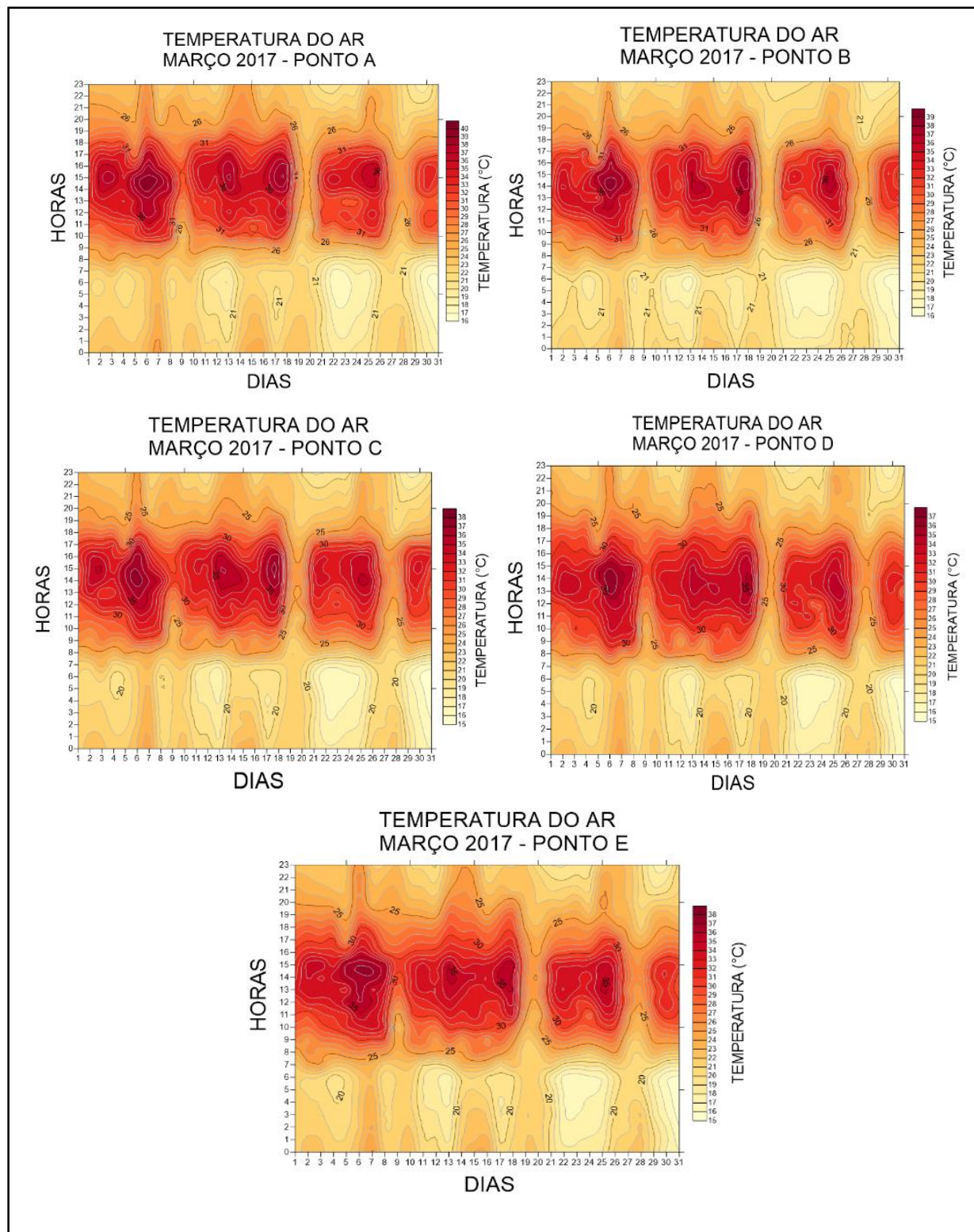
Os dados térmicos gerados pelos registros nos pontos fixos foram organizados com o intuito de melhor compreendermos a dinâmica do campo térmico na área urbana do município. Nesse sentido, a partir dos registros efetuados, foram gerados gráficos (Figuras 40, 41, 42 e 43) onde pode ser verificada a dinâmica térmica horária nos diferentes pontos fixos de coleta em cada mês de realização dos *transects* móveis.

Analisando as informações percebe-se que, embora nas médias mensais os pontos apresentem diferenças, quando observamos a dinâmica de ganho e perda de energia térmica, nota-se uma certa semelhança de desempenho entre eles.

Determinados pontos têm sua dinâmica de aquecimento iniciada mais cedo, variando de acordo com o dia do mês e também com a estação do ano. Do mesmo modo, alguns pontos possuem uma dinâmica de perda de calor mais lenta do que os demais, característica que também não está restrita, não se fazendo exclusiva em um ponto específico. Tal fato corrobora

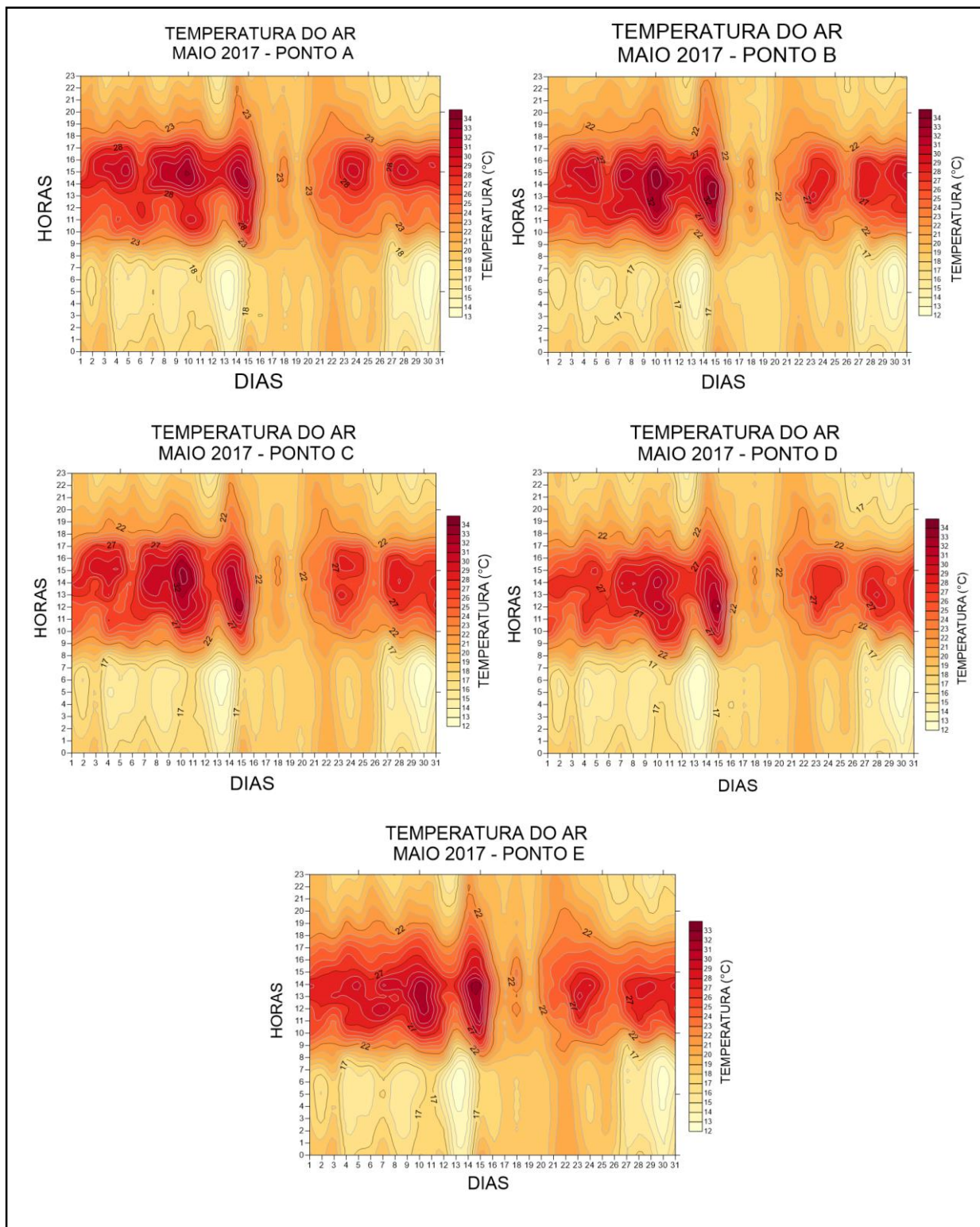
para a ideia de que as condições do sítio possam ser contribuintes e não determinante das características do campo térmico local.

Figura 40 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Março 2017).



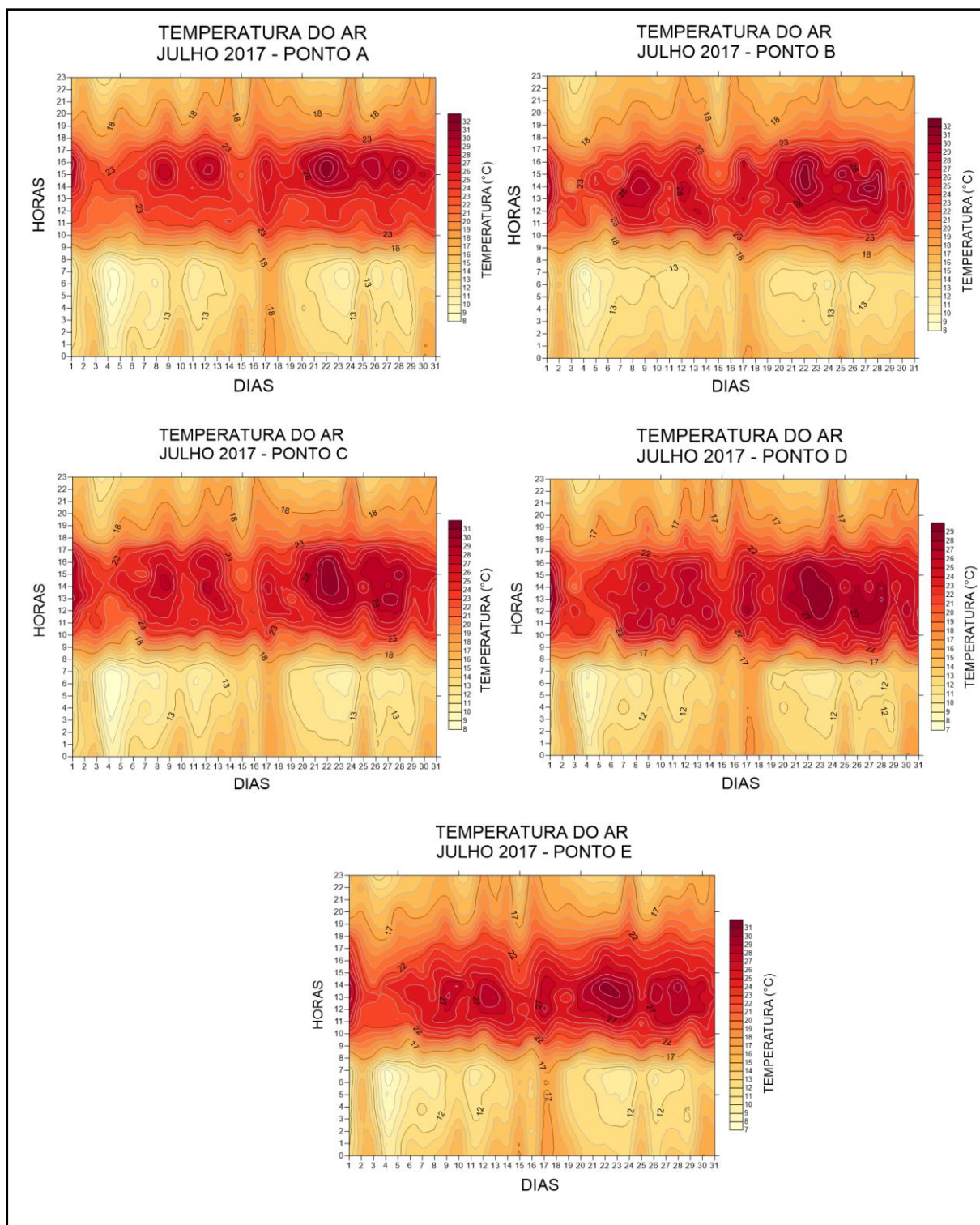
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 41 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Maio 2017).



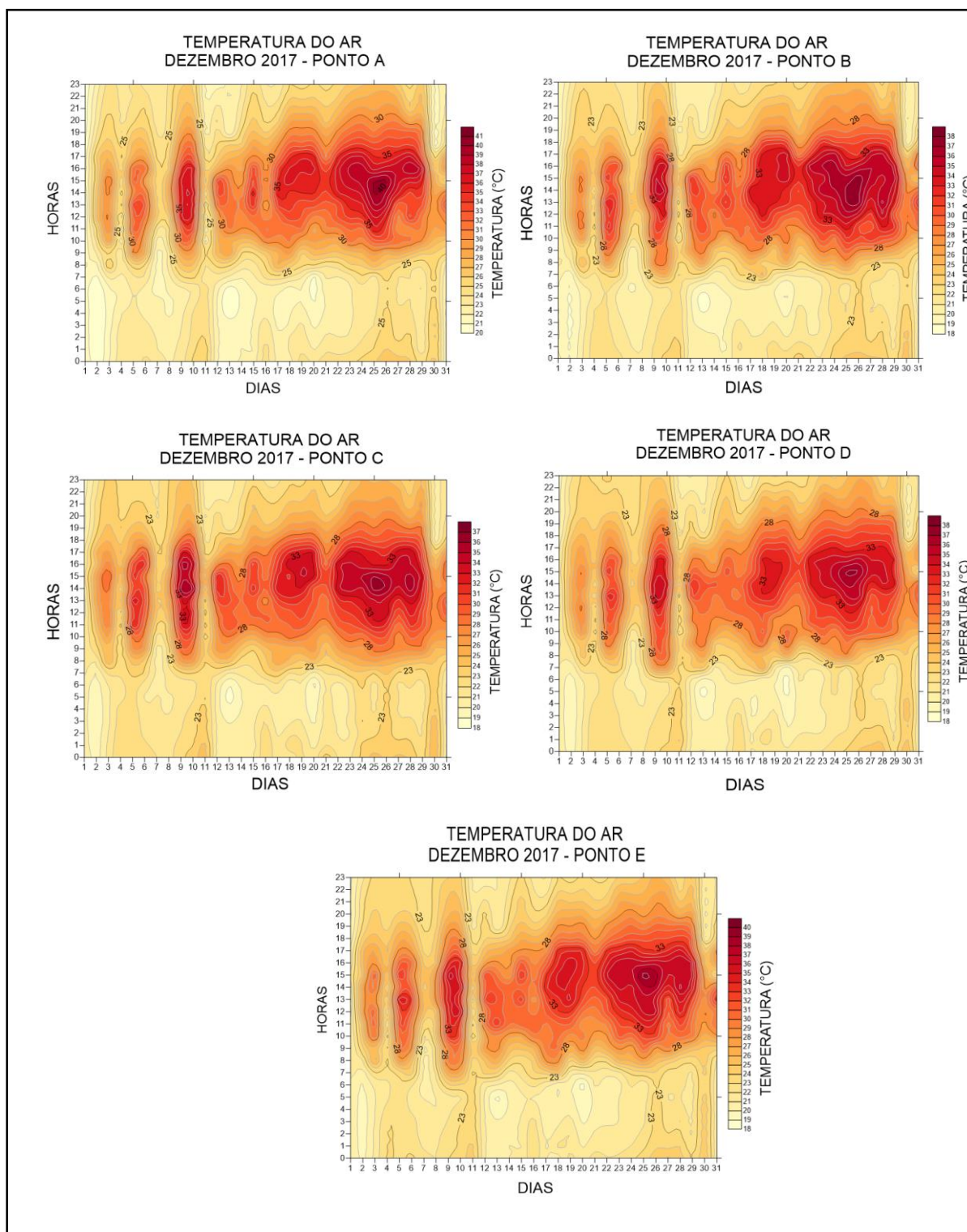
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 42 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Julho 2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 43 - Variação horária da temperatura nos pontos fixos (Dezembro 2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.2 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES SINÓTICAS

Com o objetivo de compreendermos a dinâmica da atmosfera, os tipos de tempo atuantes no município de Ponte Nova – MG e sua relação com o comportamento dos elementos do clima, foi realizada a análise rítmica para cada episódio de coleta.

Inicialmente, buscou-se junto ao DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) as cartas sinóticas das 12h GMT, disponíveis na web site www.mar.mil.br. Além disso, foram coletados os dados de pressão atmosférica instantânea para as 12h GMT da estação automática de Viçosa - MG, disponibilizados pelo INMET. Em seguida, foi realizada a classificação e tabulação dos sistemas atmosféricos e dos valores de pressão atmosférica utilizando-se o software Microsoft Excel.

Os parâmetros climáticos foram obtidos junto ao site do INMET referente à estação automática de Viçosa - MG, localizada no interior da Universidade Federal de Viçosa (UFV). No estudo foram utilizados os seguintes elementos do clima: pressão atmosférica instantânea do mesmo horário de confecção das cartas sinóticas (12h GMT), temperatura atmosférica instantânea referente aos horários que foram realizadas coletas de dados moveis (9h horário local, 15h horário local e 18h horário local), umidade relativa do ar (12h GMT), precipitação diária acumulada e direção do vento.

Após o levantamento dos dados, apoiados na proposta de Monteiro (1991), foi confeccionado para cada mês estudado um gráfico que representasse, simultaneamente, a variação diária dos elementos climáticos e a sequência de estados atmosféricos. Para isso, utilizou-se o software Ritmo Análise 2.0. Os gráficos apresentam os valores de pressão, temperatura, umidade, precipitação, direção dos ventos e os sistemas atmosféricos atuantes nos períodos estudados.

Análise Rítmica – Período: 15/03/2017 a 19/03/2017

Nos dias 15/03 e 16/03 predominou sobre a região a atuação da Massa Tropical Continental (mTc). Esse sistema de baixa pressão atmosférica elevou as temperaturas, fazendo com que os termômetros atingissem quase 30° C às 15h.

No dia 17/03, os ventos do quadrante nordeste denunciavam a chegada da Massa Equatorial Atlântica (mEa). Observamos, neste dia, valores de umidade que atingiram quase a 80% e elevados valores de temperatura, especialmente no horário da 15h. Esse sistema de baixa pressão não gerou instabilidade atmosférica no dia e não foram observados eventos de precipitação.

No dia 18/03, data do episódio de coleta de dados, ocorreu uma elevação abrupta da temperatura em todos os horários (9h, 15h e 18h). Esse fato está associado ao aquecimento pré frontal. Os ventos do quadrante sudoeste trouxeram para a região a Massa Polar Atlântica (mPa), que atuou sobre o município ao longo da semana.

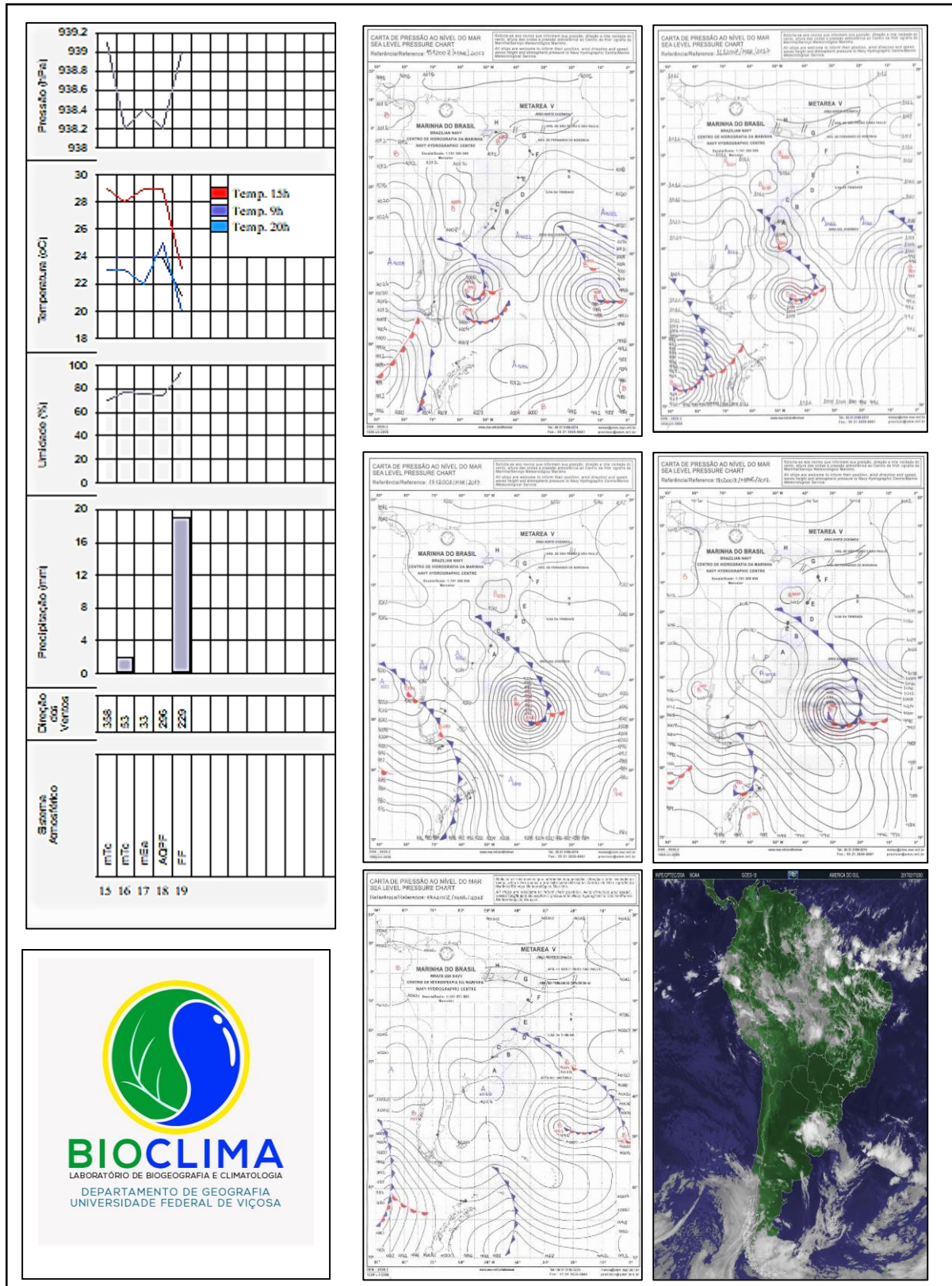
No dia 19/03 a região esteve sob atuação de uma Frente Fria (FF). Observamos forte instabilidade atmosférica, precipitação de quase 20 mm e quedas acentuadas das temperaturas em todos os horários.

Na Figura 30 pode ser verificada a análise rítmica, as cartas sinóticas do período analisado e a imagem de satélite referente ao dia 18/03, sintetizando as condições atmosféricas no período analisado.

Com a análise rítmica (Figura 44) buscou-se uma compreensão da atuação dos sistemas atmosféricos em escala regional. Embora os dados utilizados sejam da estação do INMET, localizada na cidade de Viçosa, distante aproximadamente 45 km de Ponte Nova, na Figura 45 pode-se verificar que o comportamento das temperaturas observadas nos pontos fixos de coleta foi semelhante.

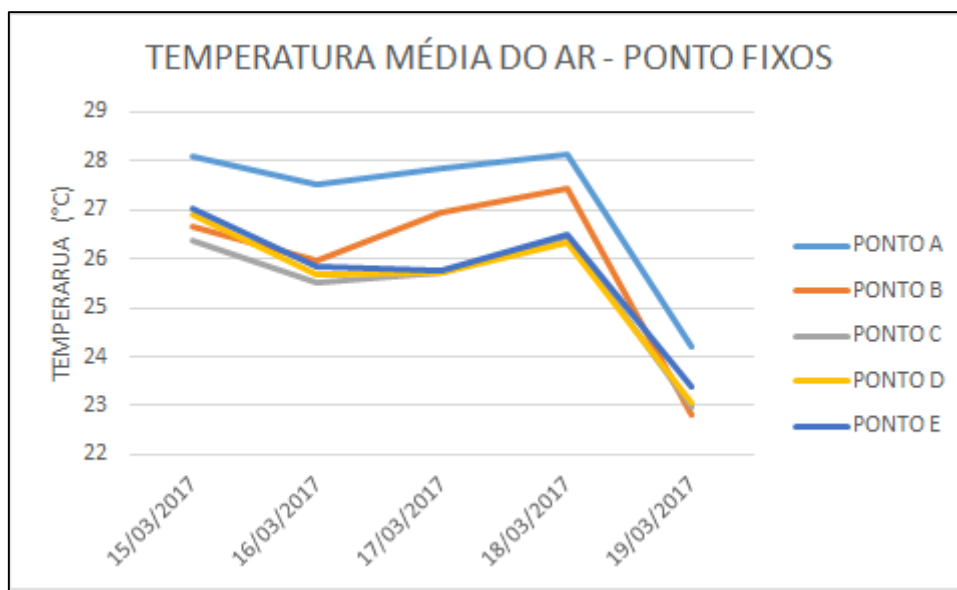
Deste modo, demonstra-se que as análises a partir dos dados de Viçosa podem ser consideradas válidas para o monitoramento da atuação dos sistemas atmosféricos em Ponte Nova, na escala utilizada.

Figura 44 - Análise rítmica (Período: 15/03/2017 a 19/03/2017).



Fonte: elaborado por Wemerson D. Oliveira e Rodson A. Allocca.

Figura 45 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 15/03/2017 a 19/03/2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

Análise Rítmica – Período: 10/05/2017 a 14/05/2017

No dia 10/05, antevéspera da coleta de dados, a região esteve sob atuação da mEa. Observamos a pressão atmosférica reduzida, elevadas temperaturas e umidade alta.

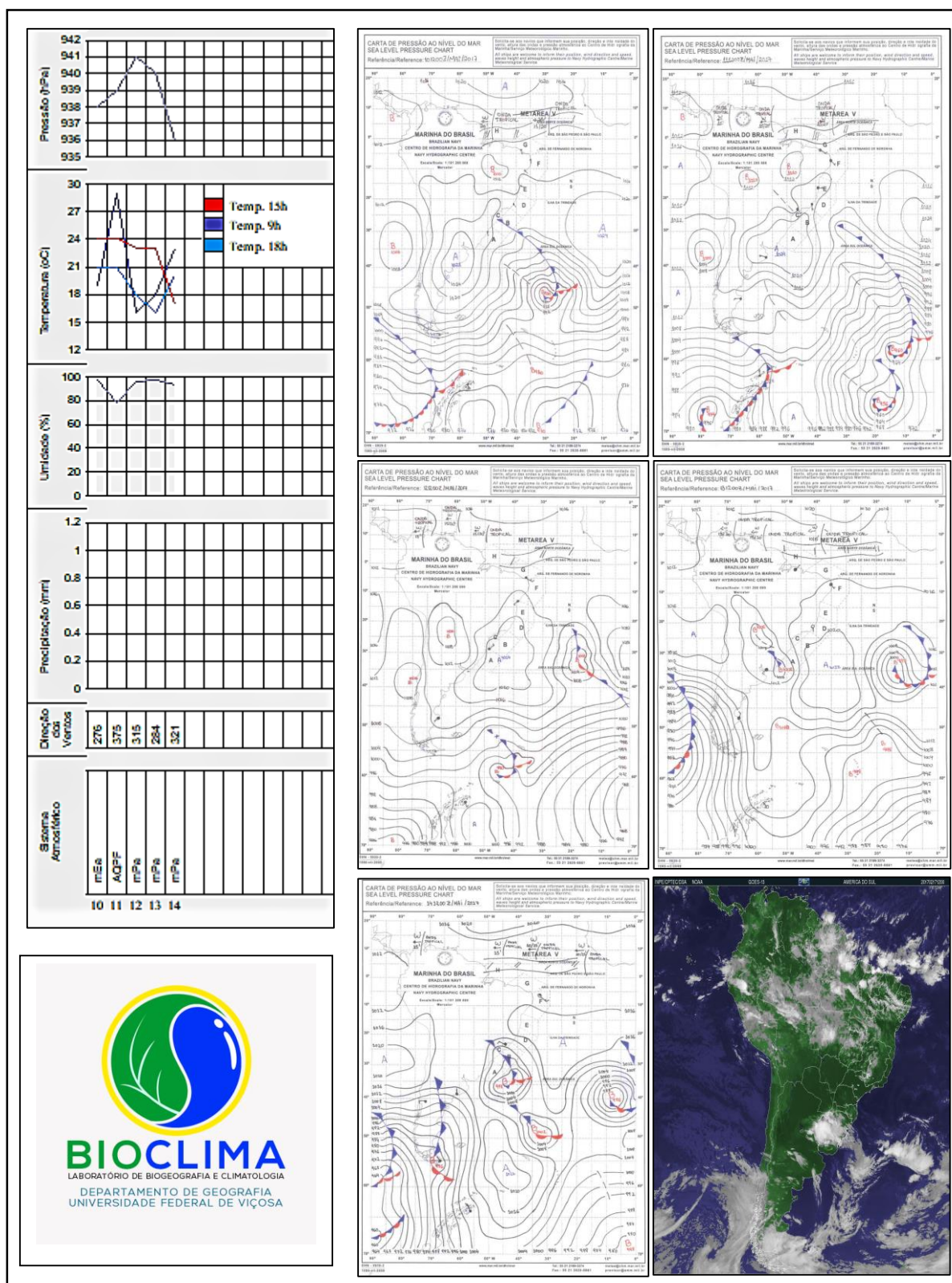
No dia 11/05, um aquecimento pré frontal (AQPF) eleva as temperaturas, denunciando a chegada da mPa que vinha em sua retaguarda.

No dia 12/05, episódio da coleta de dados, a mPa chega à região derrubando as temperaturas de forma acentuada. Nesse dia observamos a célula de alta pressão deixando o tempo estável, sem episódios de chuva.

A massa de ar polar atua sobre a região nos dois dias subsequentes à coleta de dados, deixando o ar frio. A mPa começa a se tropicalizar e perder força no dia 14/05, quando observamos os termômetros das 9h e 18h marcando temperaturas mais elevadas que nos dois dias anteriores. Somado-se a isso observamos a pressão atmosférica caindo sensivelmente.

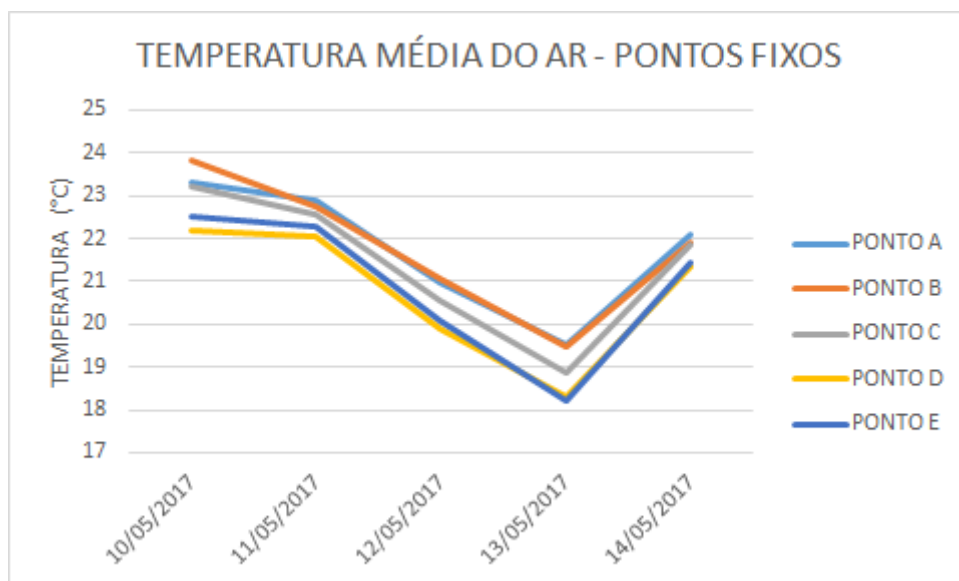
Na Figura 46 podem ser verificadas a análise rítmica, as cartas sinóticas do período analisado e a imagem de satélite referente ao dia 12/05, sintetizando as condições atmosféricas no período analisado. A Figura 47 representa as médias térmicas observadas nos pontos fixos em Ponte Nova e pode-se observar semelhança com os resultados obtidos a partir dos dados da estação meteorológica do INMET de Viçosa.

Figura 46 - Análise rítmica (Período: 10/05/2017 a 14/05/2017).



Fonte: elaborado por Wemerson D. Oliveira e Rodson de A. Allocca.

Figura 47 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 10/05/2017 a 14/05/2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

Análise Rítmica – Período: 25/07/2017 a 29/07/2017

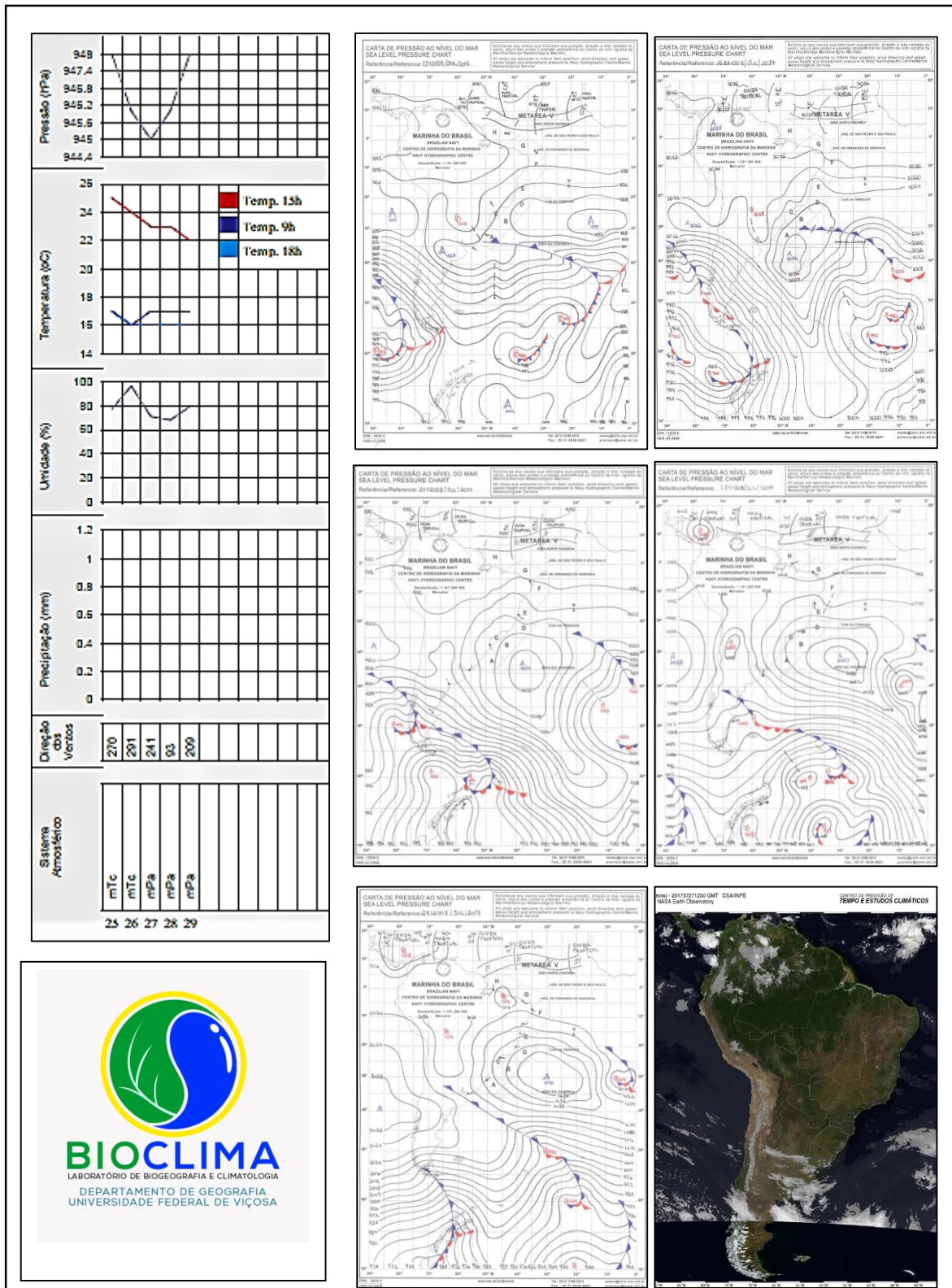
No período em que foi realizada a coleta de dados, no mês de julho, o município de Ponte Nova esteve sob atuação de dois sistemas atmosféricos com características distintas. Nos dois dias que antecederam o episódio de coleta de dados predominou na região a Massa Tropical Continental (mTc).

No dia 25/07 esse sistema atmosférico estava com bastante força, fazendo com que as temperaturas ficassem elevadas. Já no dia 26/07 a mTc perdeu força com a aproximação da mPa. Observamos na análise rítmica a queda das temperaturas das 15h e 18h. No dia 27/07 a mPa se aproximou da região, causando queda nas temperaturas e diminuição da umidade relativa do ar.

No dia 28/07 os ventos soprando do quadrante sudeste trouxeram a mPa para o município pontenovense. As temperaturas apresentaram quedas e a pressão atmosférica se elevou com a atuação mais incisiva da alta subtropical do atlântico sul. Apesar da atuação inicial da mPa sobre o município, no dia da coleta (27/07), a atmosfera manteve-se estável, com pouca nebulosidade, ventos fracos e umidade do ar em torno de 70%.

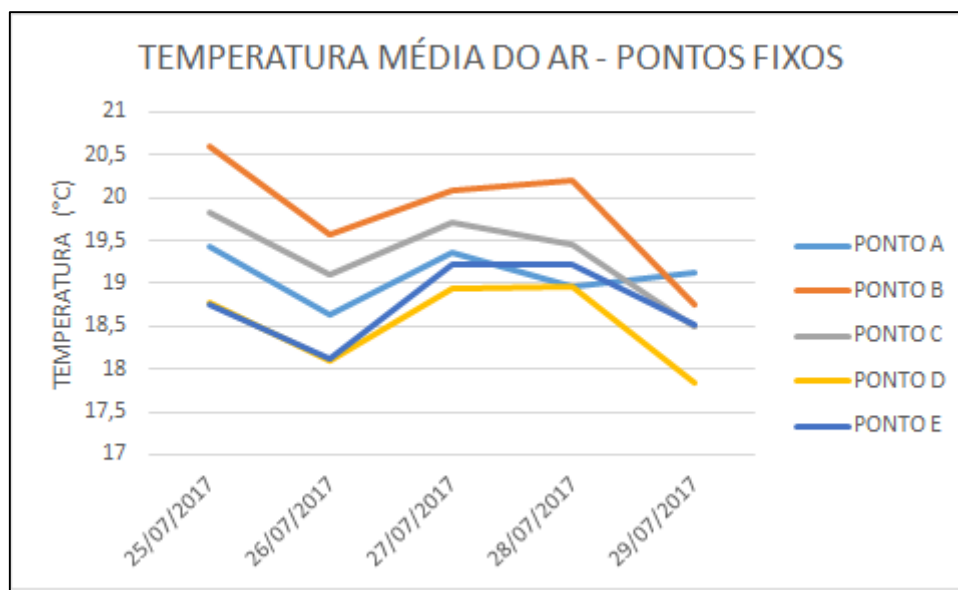
Na Figura 48 podem ser verificadas a análise rítmica, as cartas sinóticas do período analisado e a imagem de satélite referente ao dia 27/07. A Figura 49 representa as médias térmicas observadas em Ponte Nova, comportamento que se mostrou semelhante aos resultados obtidos a partir dos dados da estação meteorológica do INMET de Viçosa.

Figura 48 - Análise rítmica (Período: 25/07/2017 a 29/07/2017).



Fonte: elaborado por Wemerson D. Oliveira e Rodson de A. Allocca.

Figura 49 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 25/07/2017 a 29/07/2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

Análise Rítmica – Período: 16/12/2017 a 20/12/2017

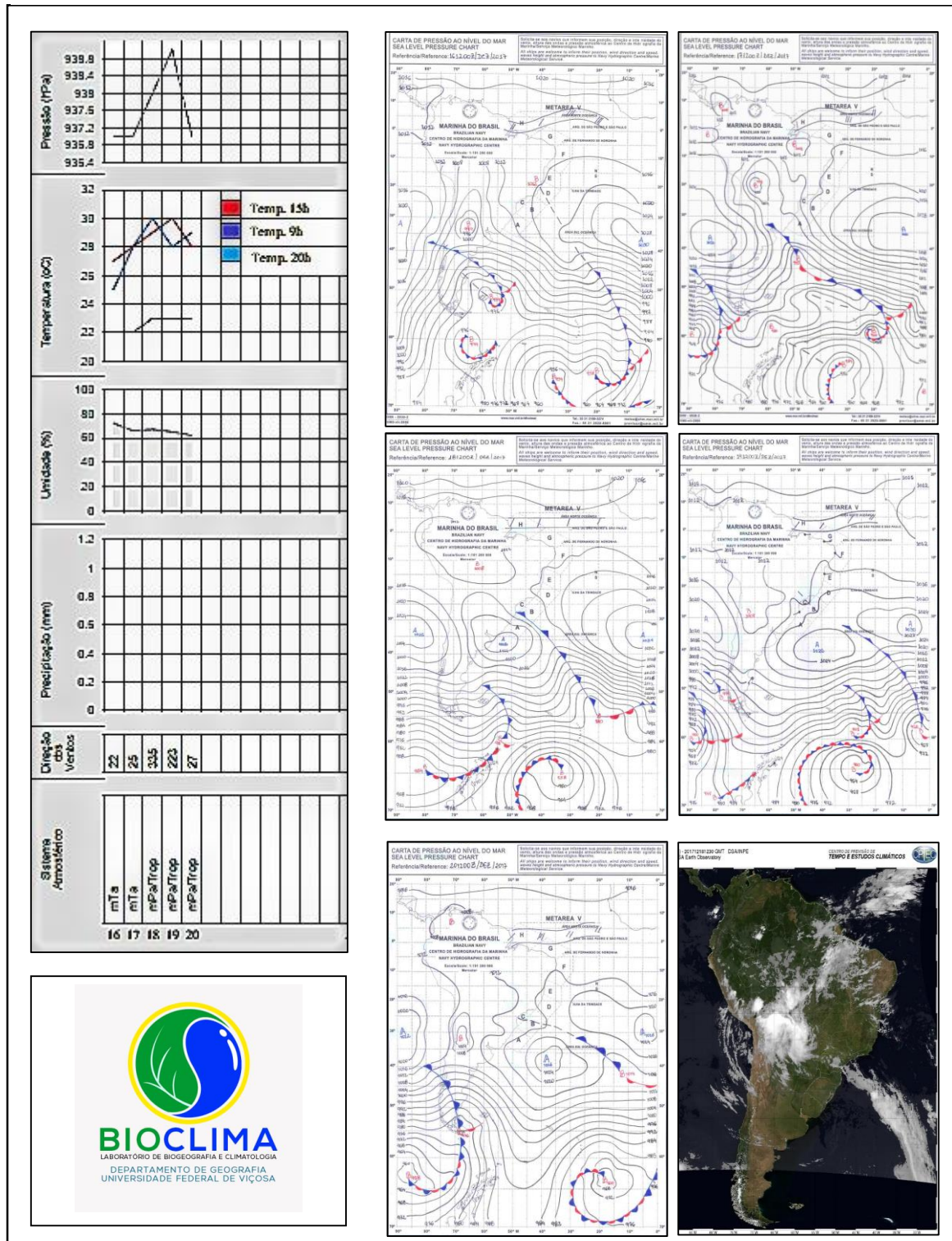
Entre os dias 16/12 e 20/12 o município de Ponte Nova esteve sob atuação da mTa e da mPa tropicalizada. Nos dois dias que antecederam a coleta de dados observamos a atuação do sistema de baixa pressão atmosférica (mTa) com ventos predominantes do quadrante nordeste. No episódio de coleta de dados observamos a chegada da mPa tropicalizada.

Os ventos do quadrante noroeste empurram o ar quente e úmido da mEc em direção ao município e, juntamente com a mPa tropicalizada, atuam no aumento da temperatura do ar em toda a região. Nos dias subsequentes à coleta de dados a mPa ainda atua na região, porém com pouca intensidade. Observamos queda na pressão atmosférica e as temperaturas diminuem com o fim da atuação da mEc.

No dia 18/12, data exata da coleta de dados, a atmosfera manteve-se estável. Não foi observada nebulosidade, os ventos permaneceram calmos e a umidade do ar ficou em aproximadamente 70%.

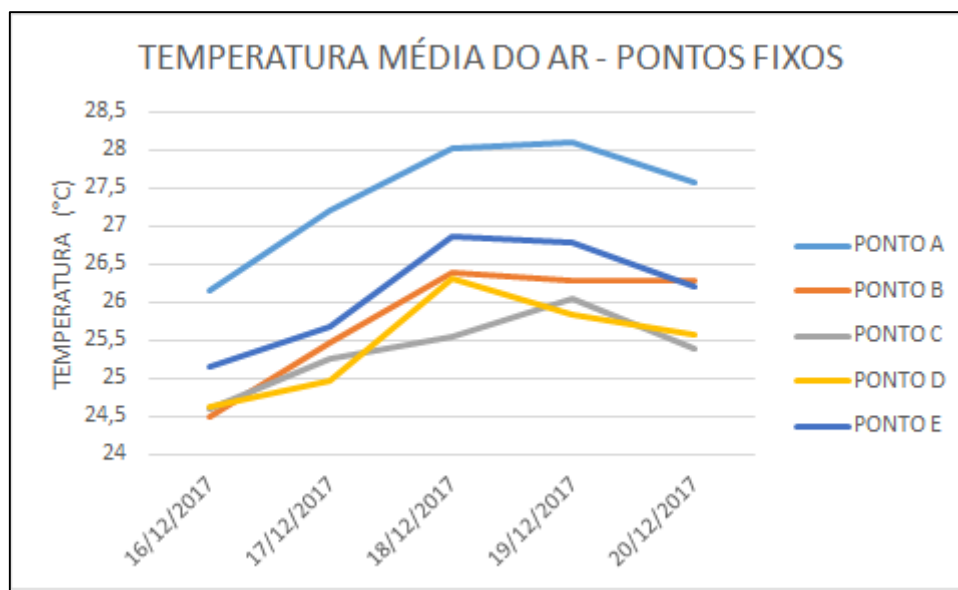
Na Figura 50 podem ser verificadas a análise rítmica, as cartas sinóticas do período analisado e a imagem de satélite referente ao dia 18/12. A Figura 51 representa as médias térmicas observadas em Ponte Nova, comportamento que se mostrou semelhante aos resultados obtidos a partir dos dados da estação meteorológica do INMET de Viçosa.

Figura 50 - Análise rítmica (Período: 16/12/2017 a 20/12/2017).



Fonte: elaborado por Wemerson D. Oliveira e Rodson de A. Allocca.

Figura 51 - Temperatura média do ar em Ponte Nova (Período: 16/12/2017 a 20/12/2017).



Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 EPISÓDIOS DE COLETA

Neste tópico serão apresentados os resultados das coletas de dados realizadas sazonalmente, conforme apresentado anteriormente no item 4.

Serão identificados os pontos mais representativos baseados nos valores de maior e menor aquecimento na área urbana e, na perspectiva de se compreender a influência dos diferentes fatores no comportamento do campo térmico, serão estabelecidas análises descritivas, além de análises estatísticas através correlações lineares entre os valores térmicos e os fatores climáticos quantificados na realização da pesquisa, utilizando os valores de Coeficiente de Pearson “r” e o Coeficiente de Determinação “R²”.

Neste sentido, ainda que de forma particularizada, pôde ser indicado, através dos resultados, o desempenho de cada um dos fatores nos valores de temperatura observados.

Para a análise adotou-se a mesma classificação dos coeficientes de correlação (Tabela 10) utilizada por Paulo (2017) e adaptada de Cavalcante (2003).

Tabela 10 - Tabela de classificação do Coeficiente de Correlação de Pearson e Coeficiente de Determinação.

CLASSIFICAÇÃO	NULA	FRACA	MÉDIA	FORTE	FORTÍSSIMA	PERFEITA
Coeficiente de Pearson (r)	0	0,00----0,30	0,30----0,60	0,60----0,90	0,90----0,99	1
Coeficiente de Determinação (R ²)	0	0,00----0,09	0,09----0,36	0,36----0,81	0,81----0,99	1

Fonte: Cavalcante (2003 apud Paulo, 2017). Adaptado.

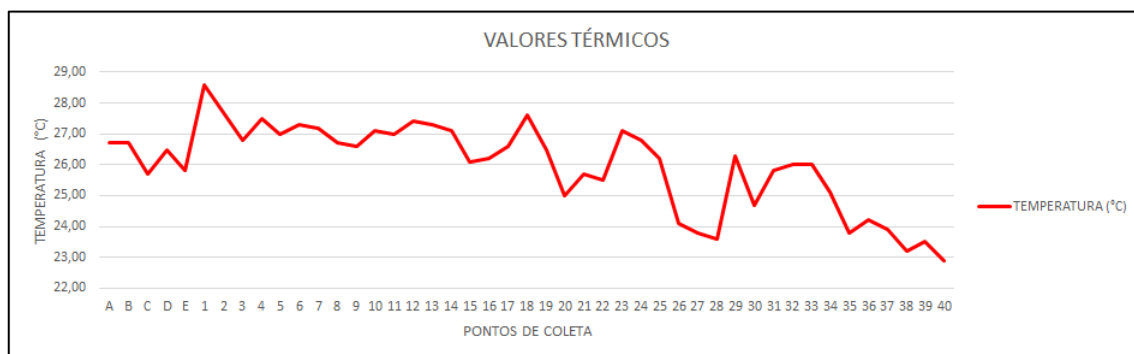
5.3.1 Coleta realizada em 18 de março de 2017 – Episódio de verão

O campo térmico no período da manhã (09h00min)

A coleta de dados realizada durante o período matinal revelou a ocorrência de uma variação térmica de 5,7°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 22,9°C no Ponto 40 e a máxima de 28,6°C no Ponto 1 (Figura 52).

Através do mapeamento do campo térmico, conforme pode ser observado na Figura 53, nota-se a ocorrência de núcleos com temperaturas mais baixas ao longo do eixo Sul/Norte. Os Pontos 27, 28, 35, 37, 38 e 39 destacam-se por apresentarem temperaturas compreendidas no intervalo entre 23° e 23,9°C, representando, juntamente com o Ponto 40 (22,9°C), as menores temperaturas registradas para o horário.

Figura 52 - Valores térmicos (Transects 18/03/2017 - 09 horas).



Fonte: elaborado pelo autor.

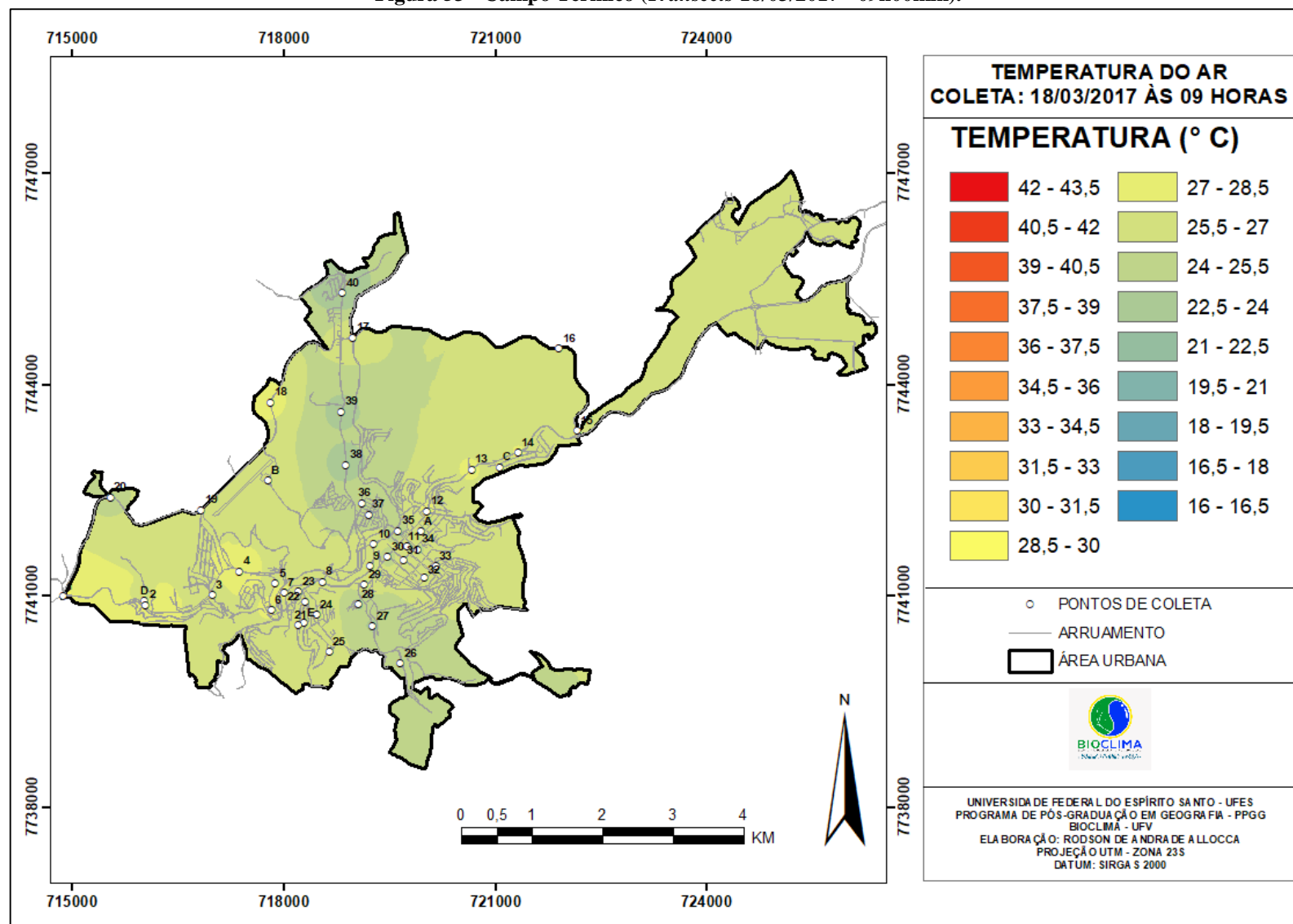
Na realização das correlações lineares, diferentes fatores (altimetria, radiação global, tempo de radiação, SVF e densidade demográfica) foram adotados como variáveis independentes e a temperatura sempre utilizada como variável dependente.

Na Tabela 11 podem ser verificados os resultados obtidos, onde estão representados os índices de correlação “r” individual de cada fator e sua classificação. Destacam-se como mais representativos os desempenhos da Altimetria e do SVF.

Entre o SVF e a temperatura foi estabelecida uma fortíssima correlação inversa, ou seja, na medida em que os valores de SVF aumentam, os valores da temperatura diminuem. Já na correlação entre a altimetria e a temperatura a correlação foi forte e positiva.

Foram elaborados gráficos de dispersão (Figura 54) onde é possível a verificação do coeficiente de determinação alcançado por cada fator considerado representativo na análise.

Figura 53 - Campo Térmico (Transects 18/03/2017 - 09h00min).



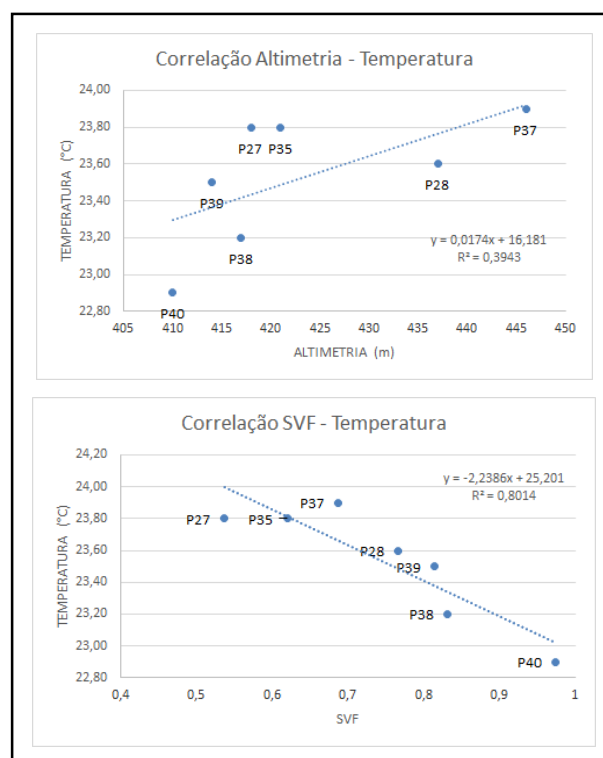
Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Correlação Linear de Pearson entre fatores e temperatura.

Correlação de Pearson		
Fatores	r	Classificação
Altimetria	0,62794	FORTE
Radiação Global	0,13664	FRACA
Tempo de Radiação	-0,3223	MÉDIA
SVF	-0,8952	FORTÍSSIMA
Densidade Demográfica	0,55464	MÉDIA

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 54 - Correlação Fatores – Temperatura.



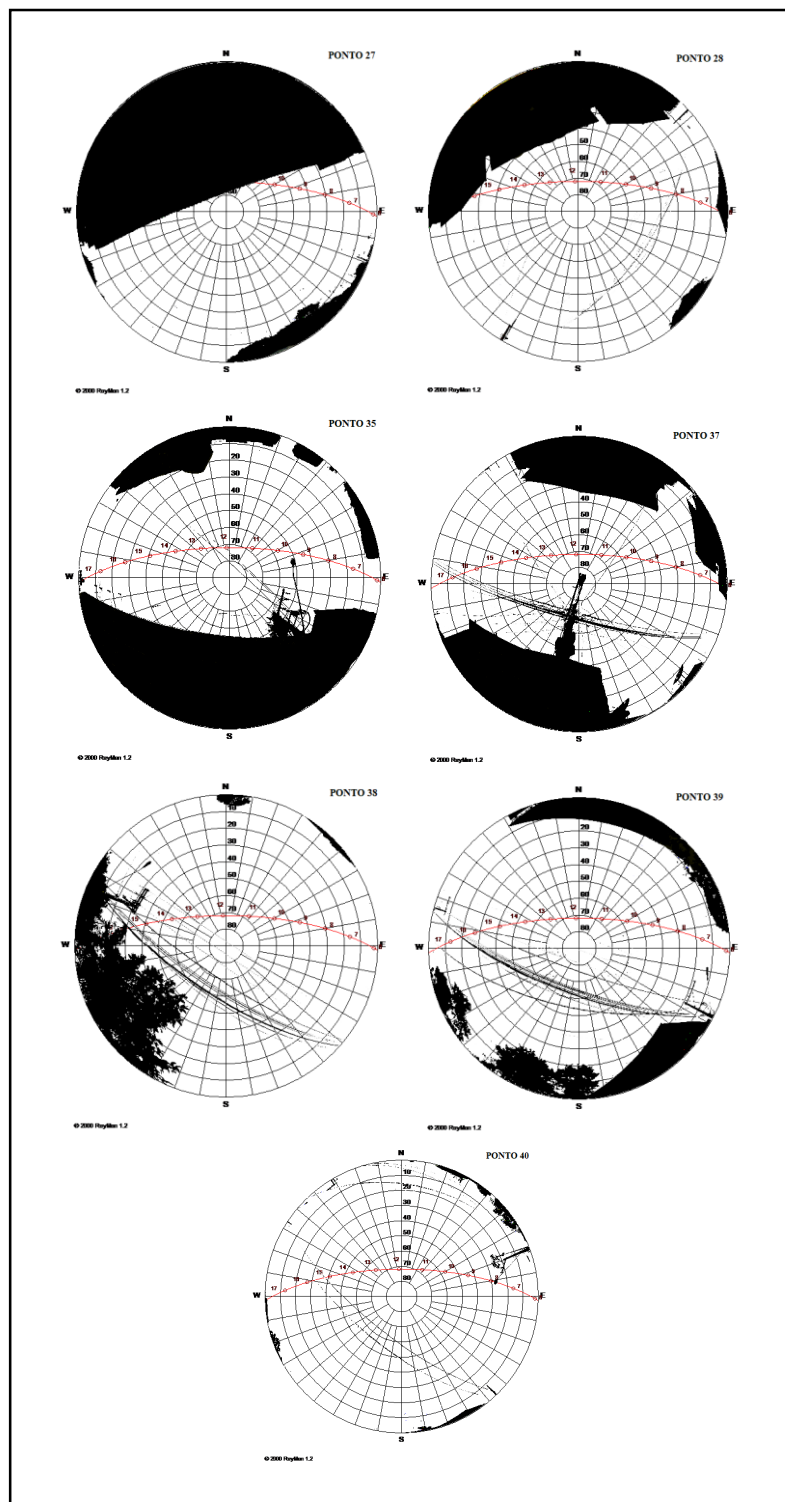
Fonte: elaborado pelo autor.

Através dos gráficos de dispersão, fica evidenciado que o fator SVF tem melhor desempenho na possível explicação dos valores da temperatura, pois o coeficiente de determinação da altimetria foi de $R^2 = 0,3943$ e o do SVF foi de $R^2 = 0,8014$. Vale ressaltar que essa representatividade foi direcionada pela análise estatística e faz-se necessário associá-la às análises empírico-descritivas para uma melhor compreensão da espacialização do campo térmico.

A maior parte dos pontos com menores valores térmicos apresentaram índices de SVF classificados, de acordo com Collischonn e Ferreira (2015), numa condição de moderada ou

baixa obstrução da abóbada celeste, além de estarem expostos à radiação direta desde as primeiras horas da manhã, conforme se pode verificar nos gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol em cada ponto (Figura 55).

Figura 55 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a literatura, o referido fato seria favorável a um maior aquecimento, contudo os valores térmicos não se mostraram elevados. Deste modo, ao considerarmos os pontos de menor temperatura, podemos presumir que este comportamento, mesmo apresentando elevada correlação linear com SVF, pode estar associado a outros fatores.

A maioria desses pontos se encontra em locais onde o relevo predominante é o fundo do vale do Rio Piranga e o vale do Ribeirão Vau-Açu. Nas vertentes dos vales ocorre “a movimentação do ar no sentido descendente e [...] esse movimento do ar é denominado de brisa de montanha ou ventos catabáticos” (FIALHO, 2009, p. 57). O ar frio que escoia pelas encostas é canalizado no fundo dos vales e, possivelmente, a soma do efeito que a forma do relevo desempenha na circulação das brisas locais com a proximidade da calha do rio e seu efeito de arrefecimento, pode, de certa forma, justificar um retardamento da dinâmica de aquecimento do ar nas primeiras horas da manhã, em relação as demais áreas da cidade.

Resultado semelhante foi encontrado por Fialho (2009) ao analisar o campo térmico na área central de Viçosa – MG, em coleta realizada no mês de maio, onde pôde verificar temperaturas mais amenas ao longo do vale do rio São Bartolomeu. Hathway e Sharples (2012) demonstram que o rio é capaz de gerar um efeito de arrefecimento significativo das temperaturas em seu entorno, com maior efetividade durante o período da manhã. Neste sentido, o comportamento da temperatura sob análise estaria mais suscetível aos efeitos do sítio onde se encontram inseridos os pontos de coleta.

A maior temperatura observada na coleta realizada durante a manhã foi registrada no Ponto 1 (28,6°C), outros pontos apresentaram temperatura num intervalo entre 27°C e 27,7°C e foram selecionados para a análise das áreas mais aquecidas.

Nota-se que as áreas de maior aquecimento se distribuíram na porção oeste da área urbana e também em algumas áreas na porção leste. Ao redor dos Pontos 1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 18 e 23 formaram-se núcleos aquecidos conforme pôde ser observado anteriormente através da espacialização do campo térmico (Figura 53).

A aplicação estatística na análise da influência dos fatores sobre a temperatura não apresentou forte correlação, apenas a altimetria, a radiação global e o SVF alcançaram índices médios na classificação (Tabela 12).

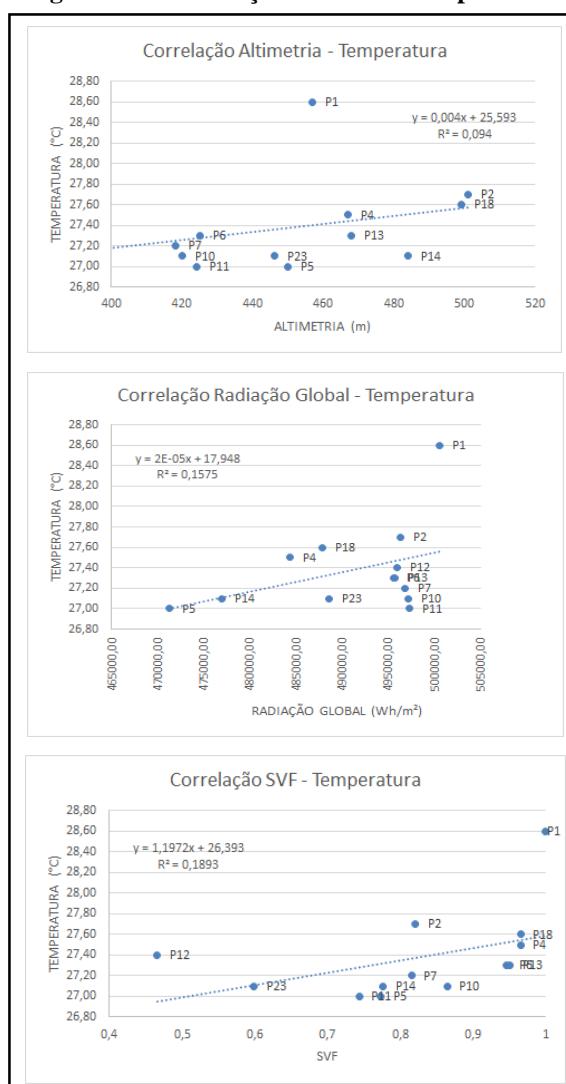
Tabela 12 - Correlação Linear de Pearson entre fatores e temperatura.

Correlação de Pearson		
Fatores	r	Classificação
Altimetria	0,306640521	MÉDIA
Radiação Global	0,396921604	MÉDIA
Tempo de Radiação	0,261292626	FRACA
SVF	0,435121143	MÉDIA
Densidade Demográfica	0,273218821	FRACA

Fonte: elaborada pelo autor.

Os coeficientes de determinação “R²” da altimetria, da radiação global e do SVF também apresentaram valores médios, conforme pode ser observado através dos gráficos de correlação (Figura 56).

Figura 56 - Correlação Fatores – Temperatura.



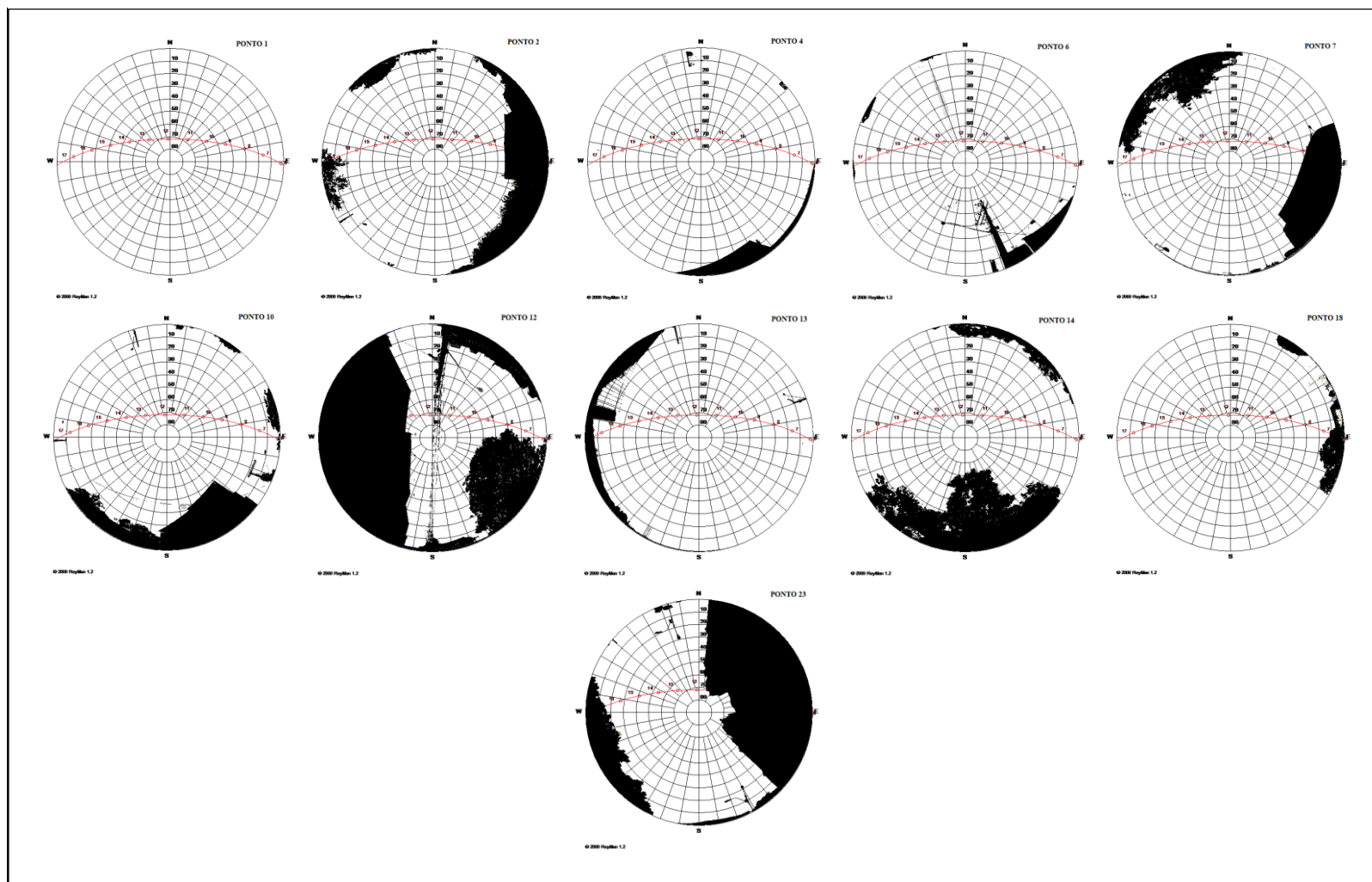
Fonte: elaborado pelo autor.

Ao observarmos os gráficos polares (Figura 57) referentes aos pontos mais aquecidos fica evidenciado que na maioria dos pontos a trajetória aparente do sol favorece o processo de aquecimento, pois, desde as primeiras horas da manhã, considerando a orientação dos pontos, há incidência direta de radiação. As exceções são os pontos 2, 7, 18 e 23 que têm o início de incidência retardado em função de obstruções da abóboda celeste.

Deste modo, buscou-se um fator que pudesse ser comum aos pontos, um fator que não tivesse sido quantificado no levantamento dos dados. Então, ao observar a caracterização dos pontos, foi percebido que em todos eles a intensidade do tráfego de veículos era um aspecto semelhante.

Neste sentido, entendendo que se trata de um aspecto relevante, pois, possivelmente, o calor advindo dos veículos automotores em associação com os demais fatores locais, como os diferentes índices de SVF que contribuem para o aquecimento por dificultar a dispersão da irradiação, pode ter sido um diferencial na geração de maior aquecimento, sobretudo nos pontos de menor incidência da radiação no período da manhã, uma vez que todos os pontos onde foram observadas maiores taxas de temperaturas estão em vias importantes de circulação urbana, onde o tráfego varia de moderado a intenso no horário e dia da observação.

Figura 57 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Campo térmico no período vespertino (15h00min)

A coleta de dados realizada no período vespertino revelou a ocorrência de uma variação térmica de 9°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 33,9°C no Ponto 20 e a máxima de 42,9°C no Ponto 9.

A espacialização do campo térmico (Figurar 58) demonstrou a ocorrência de áreas com menores temperaturas na porção oeste e nordeste da área urbana. Os Pontos D, 5, 16, 8 e 3, juntamente com o Ponto 20, foram selecionados para a análise por apresentarem os menores valores de temperatura, variando entre 34,3°C e 35,9°C (Figura 59).

Na análise de correlação aplicada aos pontos representativos, os fatores altimetria e densidade demográfica apresentaram classificação forte, os demais fatores apresentaram classificação fraca (Tabela 13).

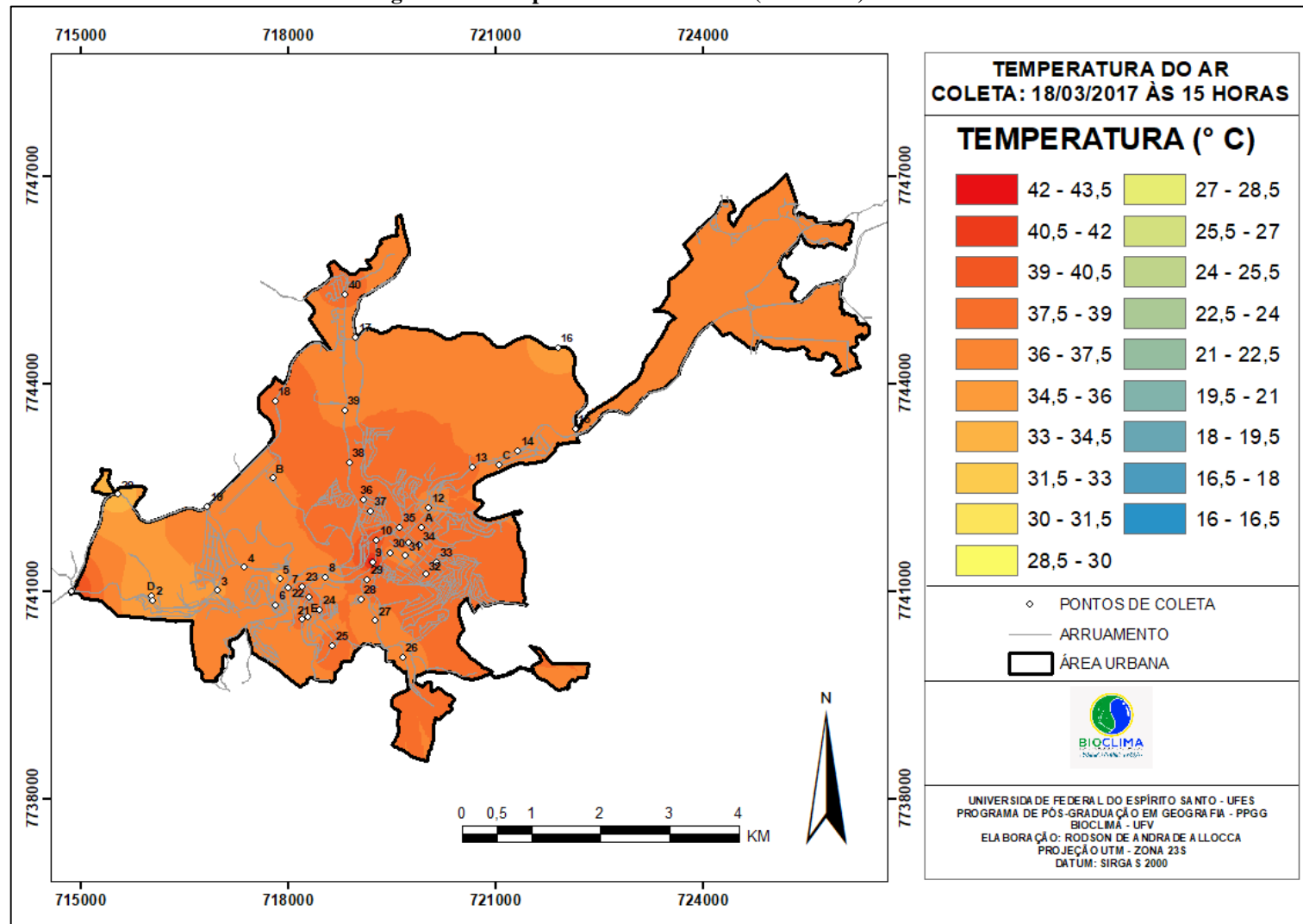
Tabela 13 - Correlação Linear de Pearson entre fatores e temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,74244	FORTE
Radiação Global	-0,2725	FRACA
Tempo de Radiação	-0,12784	FRACA
SVF	-0,32548	MÉDIA
Densidade Demográfica	0,71902	FORTE

Fonte: elaborado pelo autor.

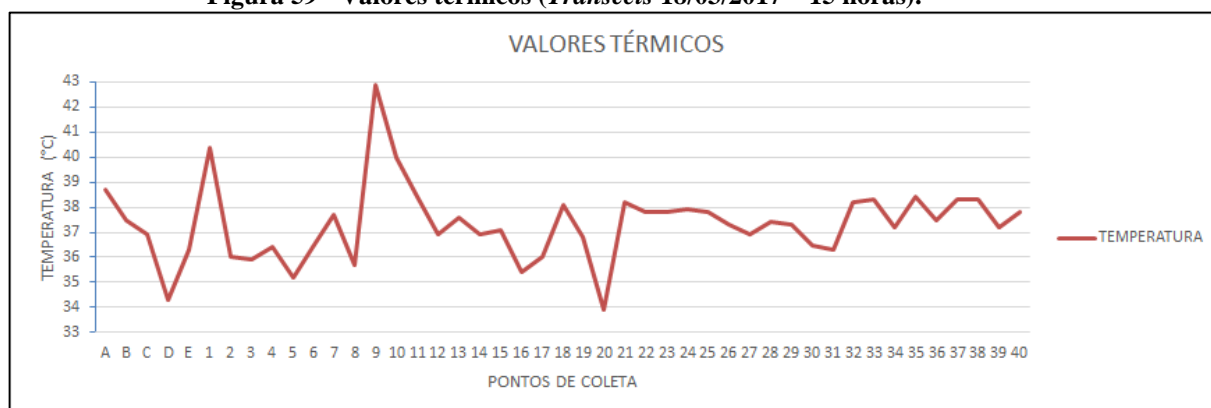
O fator altimetria apresentou uma forte correlação inversa com a temperatura, ou seja, na medida que a altitude aumenta, a temperatura diminui. Já a densidade demográfica apresentou uma correlação forte positiva. Nos pontos de maior densidade demográfica os valores térmicos eram relativamente maiores.

Figura 58 - Campo térmico 18/03/2017 (15h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

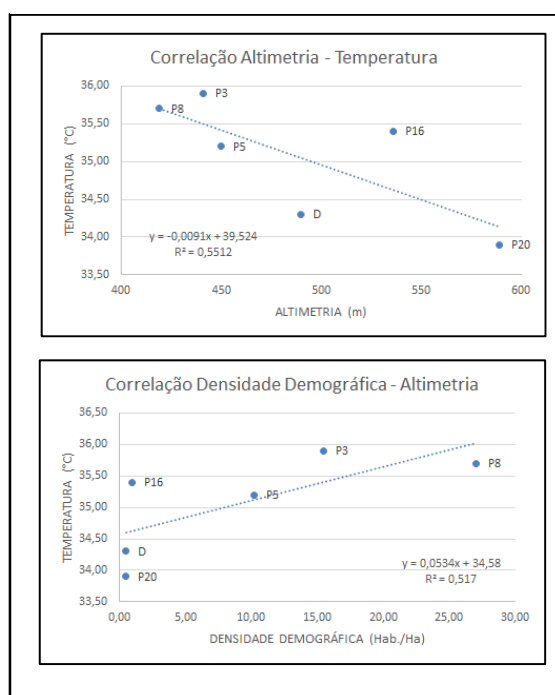
Figura 59 - Valores térmicos (Transects 18/03/2017 – 15 horas).



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da elaboração dos gráficos de dispersão (Figura 61) foram obtidos os coeficientes de determinação e, tanto para a altimetria quanto para a densidade demográfica, houve representatividade, com valores de “R²” classificados como fortes. É possível também a verificação da relação entre os fatores e a temperatura.

Figura 60 - Correlação Fatores – Temperatura.

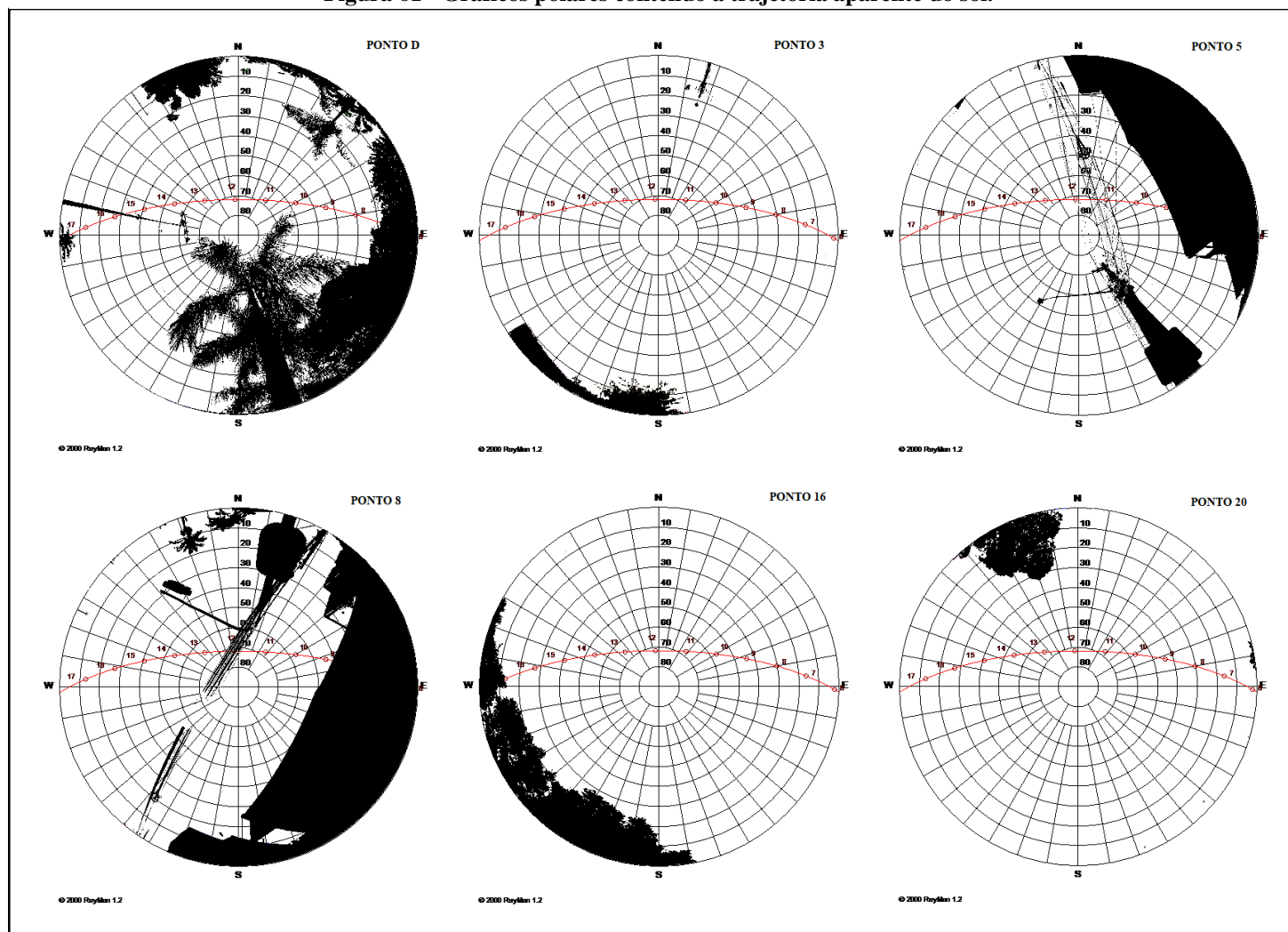


Fonte: elaborado pelo autor.

Ao analisarmos os gráficos polares (Figura 61) dos pontos de menores valores de temperatura é possível perceber que nos Pontos D, 5 e 8, o início do processo de aquecimento ocorre posteriormente ao início de aquecimento dos demais pontos, fazendo com que, no balanço de energia, a entrada de radiação seja menor em função de menor tempo de radiação solar direta. Esse fator, embora não seja o único a determinar o comportamento térmico, certamente tem grande influência.

A dinâmica da cidade tem também importância nos valores de temperatura observados. Dois aspectos podem ser apontados como relevantes. O primeiro deles é a redução do fluxo de veículos em função do horário e do dia (sábado) em que foi realizada a coleta. O segundo é a própria localização da maior parte dos pontos (excetuando-se o ponto 8), que se encontra afastada das áreas mais centrais da cidade, apresentando baixa densidade demográfica e baixo adensamento de construções. A associação entre esses fatores pode ser considerada como importante influência no comportamento térmico observado.

Figura 61 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

O maior valor térmico foi observado no Ponto 9 (42,9°C) destacam-se também os Pontos A, 1, 10, 11, 18, 21, 32, 33, 35, 37 e 38 com temperaturas variando entre 38,1°C e 40,4°C, configurando as áreas de maior aquecimento.

De acordo com a espacialização do campo térmico, que pôde ser verificada anteriormente na Figura 58, na porção central da área urbana ocorre a formação de uma área aquecida que se estende nas direções sudeste, atingindo a vertente onde encontram-se os Pontos 32 e 33, e noroeste até o entorno do Ponto 18. Outra área aquecida, distante da área central da cidade, pode ser observada no entorno do Ponto 1.

Os fatores quantificados foram submetidos à análise estatística e apenas a altimetria, a radiação global e o tempo de radiação apresentaram coeficientes classificados como média correlação (Tabela 14). Os demais não foram representativos.

Tabela 14 – Correlação Linear de Pearson entre Fatores – Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,35512	MÉDIA
Radiação Global	0,332721	MÉDIA
Tempo de Radiação	-0,35795	MÉDIA
SVF	-0,20209	FRACA
Densidade Demográfica	-0,27006	FRACA

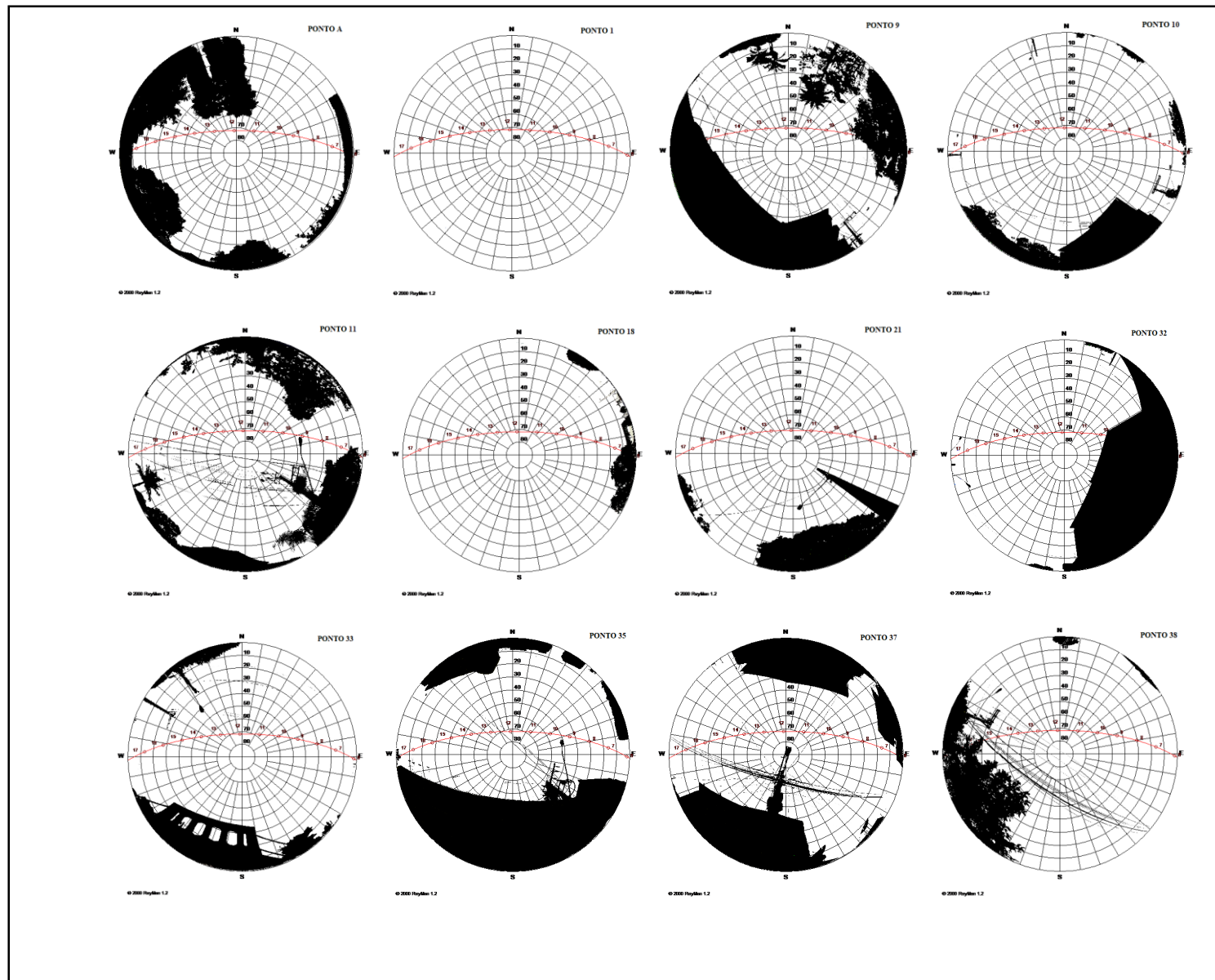
Fonte: elaborado pelo autor.

A análise de correlação não apresentou bons resultados na indicação da participação dos fatores no comportamento térmico e os gráficos de dispersão foram suprimidos. Assim, optou-se por uma análise mais individualizada dos pontos.

O levantamento do SFV e a elaboração dos gráficos polares (Figura 62) foram de grande contribuição na análise. Com exceção dos Pontos 9 e 32, todos os demais pontos que apresentaram temperaturas elevadas receberam radiação direta desde as primeiras horas da manhã, favorecidos pela trajetória aparente do sol, o que contribui para a dinâmica de aquecimento. A orientação do relevo foi um outro fator de grande contribuição para tal dinâmica, pois todos os pontos encontram-se em áreas de elevada incidência de radiação solar direta, distribuindo-se em locais de relevo plano ou em vertentes orientadas para leste, oeste, noroeste e norte, que, de acordo com a literatura, possuem maior exposição à radiação solar do que as orientadas para o sul (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A localização da maioria dos pontos está associada às áreas de maior adensamento de construções, como área comercial da cidade. Os elevados índices térmicos podem refletir o dinamismo dos fluxos vivenciados ao longo do período matutino, ao qual se somam a elevada incidência da radiação direta, o calor antropogênico gerado pelos fluxos e a retenção de calor em função dos materiais construtivos, potencializando o aquecimento do ar nas horas subsequentes pela irradiação da energia advinda das superfícies.

Figura 62 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Campo térmico no período noturno (18h00min)

A coleta de dados realizada no período noturno revelou a ocorrência de uma variação térmica de 6,9°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 28°C no Ponto D e a máxima de 34,9°C no Ponto 35.

A espacialização do campo térmico (Figura 63) indicou a ocorrência de áreas com menores temperaturas em diferentes locais da área urbana, na porção oeste da cidade destaca-se um núcleo mais pronunciado e outros núcleos estão limitados a certos pontos, podendo ser visualizados nas porções noroeste e leste a partir da área central da cidade. Destacam-se além do Ponto D, os Pontos B, C, E, 2, 3, 4, 5 e 17 como mais representativos, com temperaturas variando entre 29,4°C e 30,9°C.

A análise estatística apontou haver correlação linear média, para os fatores altimetria, radiação global, tempo de radiação e SVF. Conforme pode ser verificado na Tabela 15.

Tabela 15 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

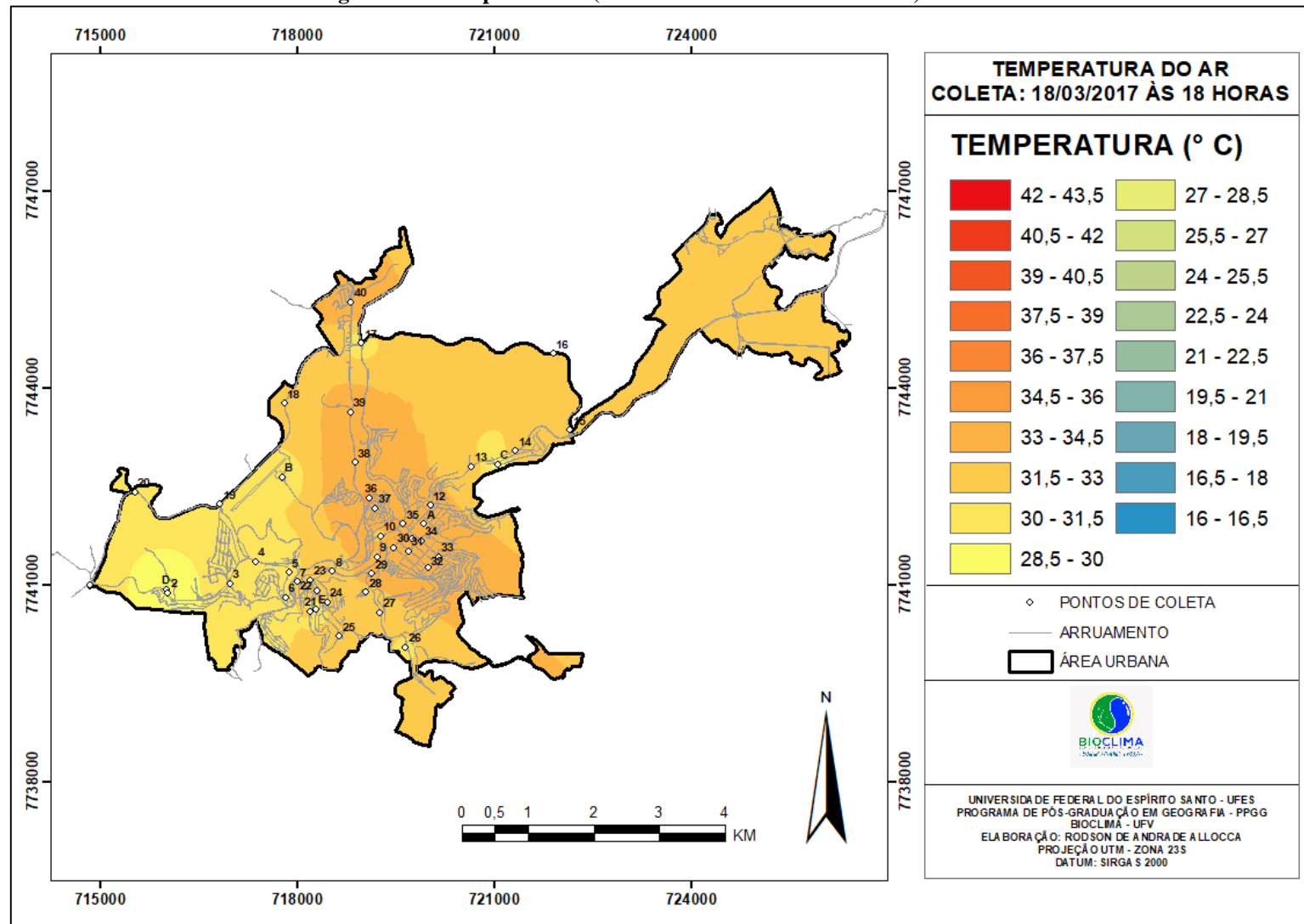
Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,32327343	MÉDIA
Radiação Global	-0,34090518	MÉDIA
Tempo de radiação	0,399355929	MÉDIA
SVF	0,488072099	MÉDIA
Densidade Demográfica	0,284085033	FRACA

Fonte: elaborado pelo autor.

Para a altimetria e a radiação global a correlação é inversa. Para o tempo de radiação e o SVF a correlação é média positiva.

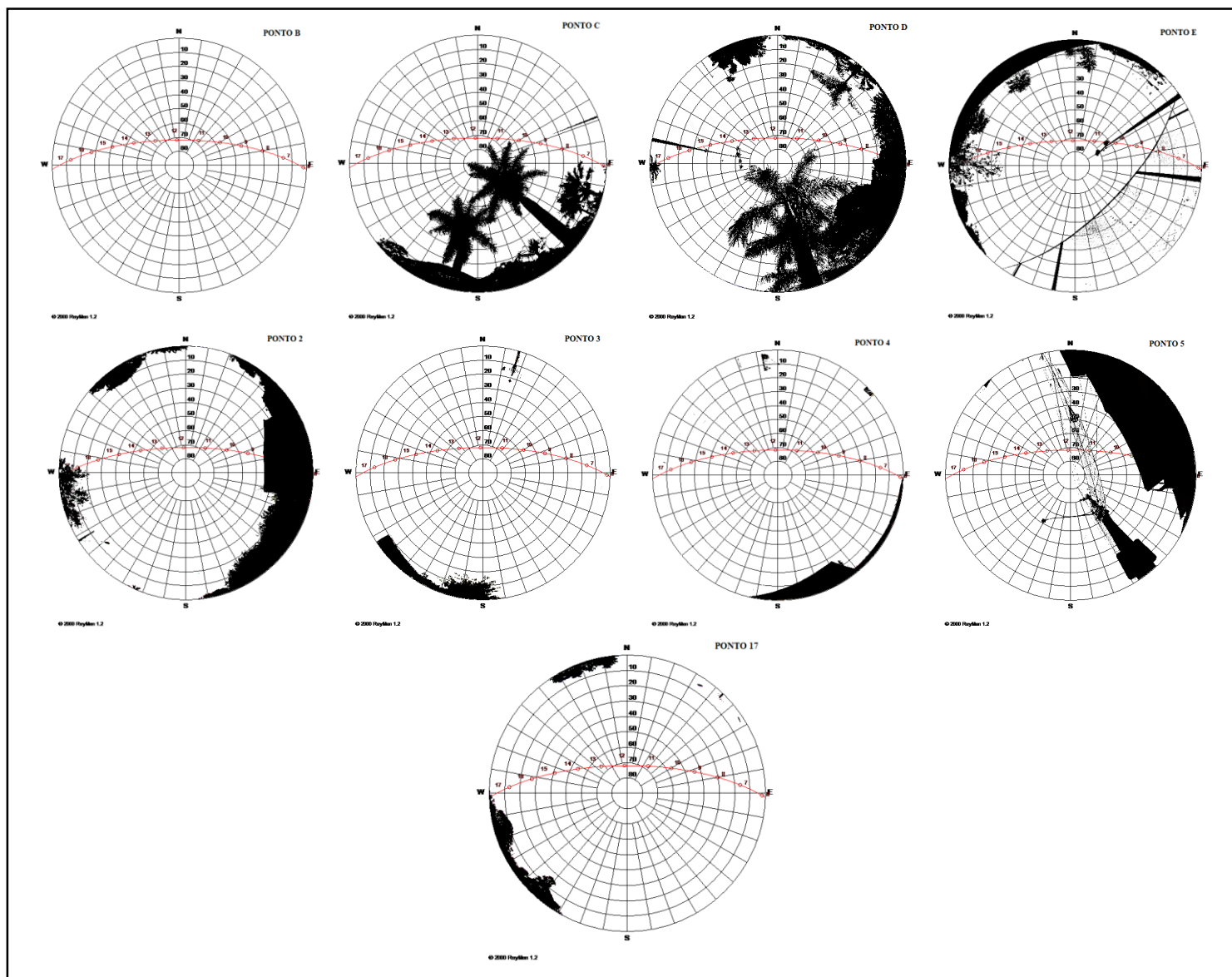
Dentre os pontos considerados representativos para as menores temperaturas, a partir da espacialização dos mesmos, nota-se que eles se encontram em locais mais afastados da área central da cidade, com baixa densidade demográfica, indicando não haver nessas áreas tanto dinamismo. Os fluxos de pessoas e veículos encontram-se reduzidos. A altimetria é variável, mas de maneira geral os pontos situam-se em áreas mais elevadas, em topos de morros e ao longo de encostas.

Figura 63 - Campo térmico (Transects 18/03/2017 - 18h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 64 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os gráficos polares (Figura 64) indicaram que na maioria dos pontos os índices de SVF são elevados, o que favorece a dispersão da energia, a perda de calor para a atmosfera, gerando maior taxa de resfriamento.

No Ponto 35 foi observada a maior temperatura para o horário (34,9°C). Além do Ponto 35, destacam-se os Pontos 29, 30, 32, 36, 37 e 40, com variação de temperatura entre 34 e 37,7°C (Figura 65).

A espacialização do campo térmico, conforme pôde ser observado anteriormente (Figura 63), indicou a ocorrência uma área de maior aquecimento na porção central da área urbana, alongando-se de sudeste em direção ao norte. Nota-se a formação de uma área aquecida na porção mais ao norte da área urbana, no entorno do Ponto 40.

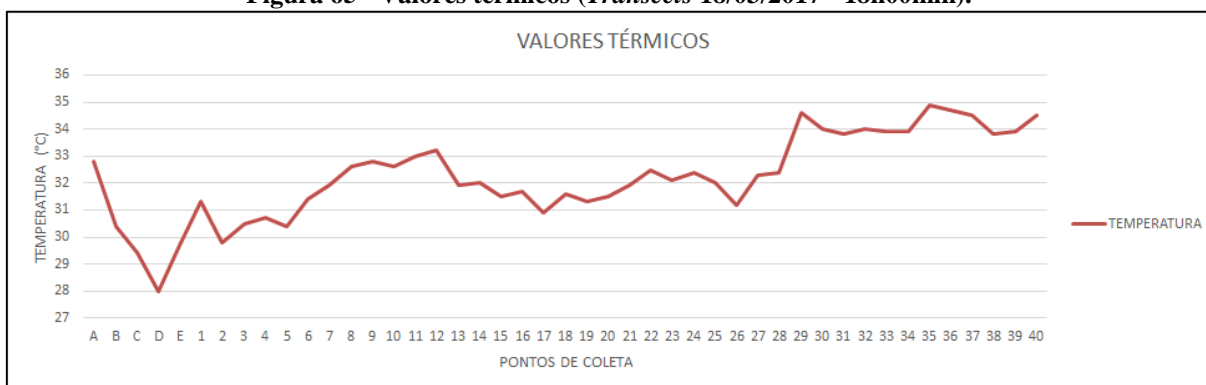
Nas análises de correlação (Tabela 16), a altimetria apresentou uma forte correlação inversa, a radiação global apresentou média correlação positiva e o tempo de radiação uma forte correlação positiva.

Tabela 16 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,73046943	FORTE
Radiação Global	0,594461746	MÉDIA
Tempo de Radiação	0,607332248	FORTE
SVF	0,010099001	FRACA
Densidade Demográfica	-0,26231953	FRACA

Fonte: elaborado pelo autor.

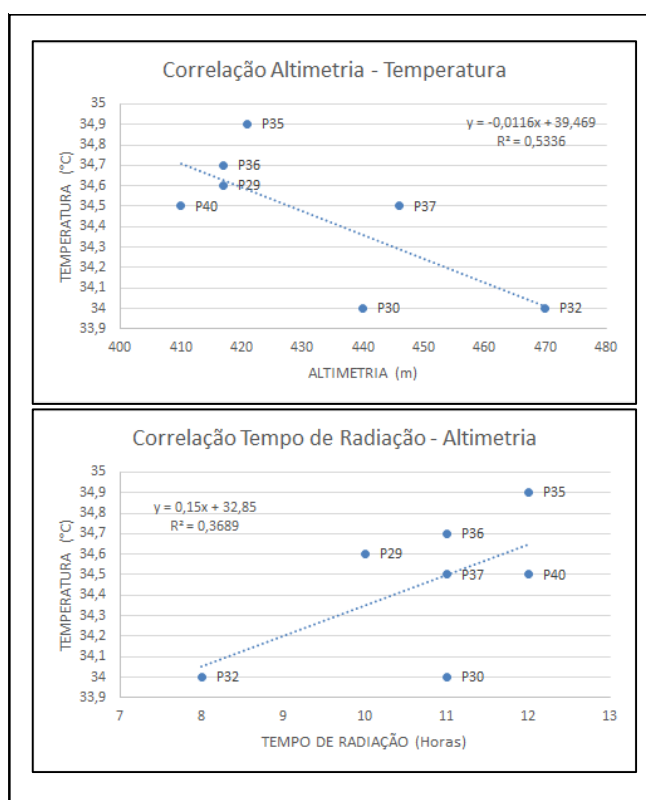
Figura 65 - Valores térmicos (Transects 18/03/2017 - 18h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da elaboração dos gráficos de dispersão (Figura 66) foram obtidos os coeficientes de determinação e, tanto para a altimetria, quanto para o tempo de radiação houve representatividade, com valores de “R²” classificados como fortes.

Figura 66 - Correlação Fatores – Temperatura.



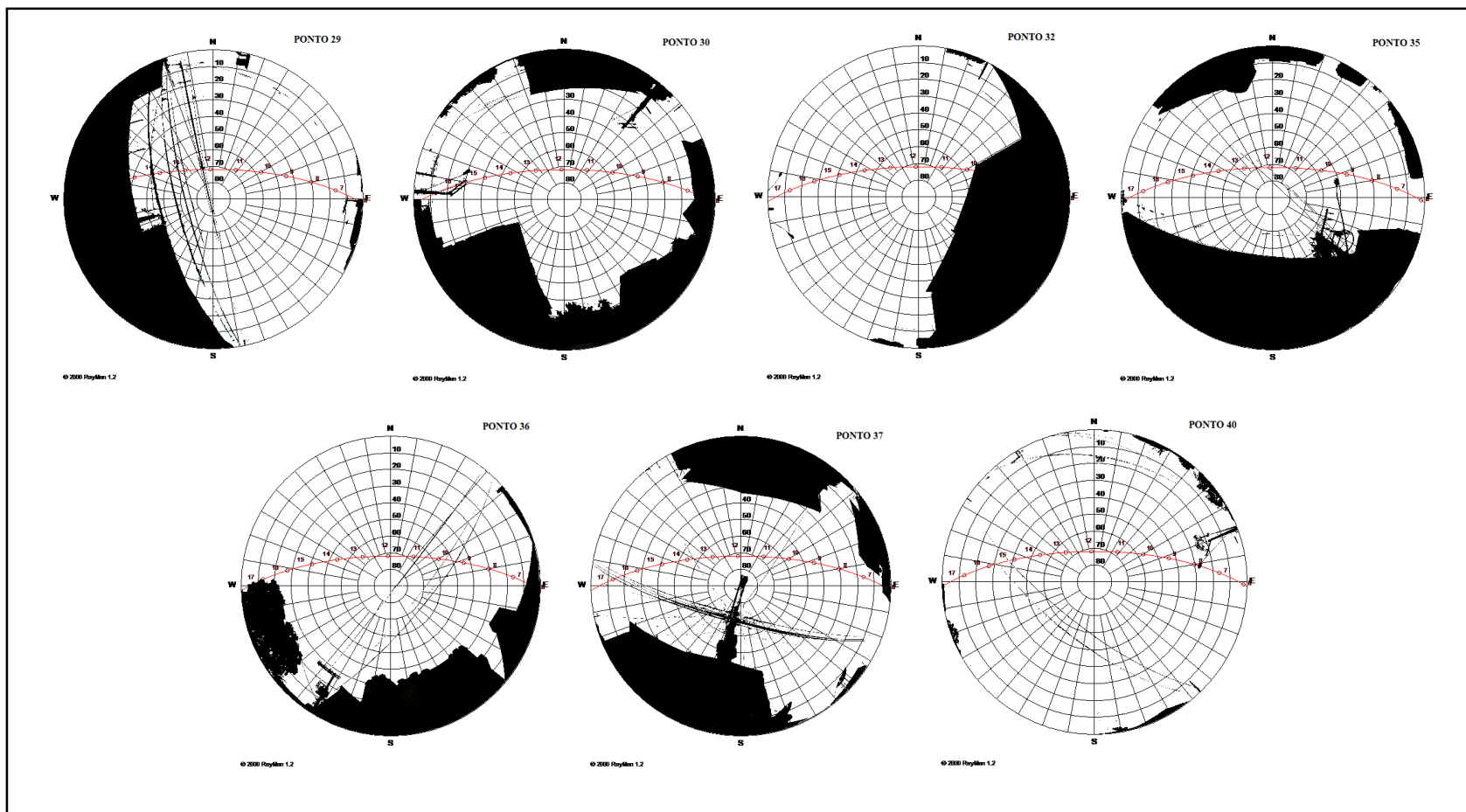
Fonte: elaborado pelo autor.

Uma característica comum à maioria aos Pontos 29, 35, 36 e 40 é o fato de estarem situados em porções mais baixas do relevo, no fundo de vale, com predominância de relevo plano, sendo a única exceção o Ponto 29, que possui orientação leste e está numa porção do relevo com baixa declividade, de 1,9%. Os Pontos 30, 32 e 37 situam-se em cotas mais elevadas, na porção intermediária da encosta de orientação (Pontos 30 e 37 – oeste; Ponto 32 – noroeste), favorável à incidência da radiação solar até o momento do pôr do sol.

Os Pontos 29, 30, 32, 35 e 37, além de estarem numa topografia favorável ao aquecimento, estão localizados em áreas de adensamento urbano elevado e altas taxas de densidade demográfica.

A partir da análise dos gráficos polares (Figura 67), podemos verificar que, com exceção dos Pontos 29 e 32, os pontos recebem grande quantidade de radiação solar direta, favorecendo o aquecimento diurno. Verifica-se também que, com exceção do Ponto 40, os pontos apresentam um certo grau de obstrução da abóboda celeste, fator que dificulta a dissipação da energia térmica para a atmosfera gerando, assim, núcleos de maior aquecimento.

Figura 67 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



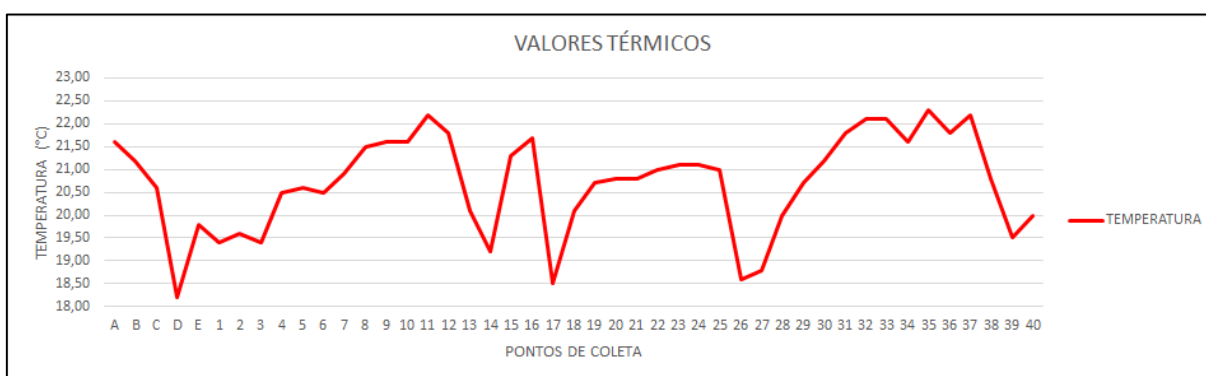
Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.2 Coleta realizada em 12 de maio de 2017 às 18h00min – Episódio de Outono

A coleta de dados realizada no período noturno revelou a ocorrência de uma variação térmica de 4,1°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 18,2°C no Ponto D e a máxima de 22,3°C no Ponto 35.

Os Pontos E, 1, 2, 3, 14, 17, 26, 27 e 39, juntamente com o Ponto D, destacam-se como mais representativos, considerando os pontos com menores temperaturas, com valores térmicos variando entre 18,5°C e 19,8°C (Figura 68).

Figura 68 - Valores térmicos (Transects 12/05/2017 - 18h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

Na análise de correlação linear entre os fatores e a temperatura, apenas a densidade demográfica apresentou um índice de “r” médio (Tabela 17). Para os demais fatores quantificados os valores não foram representativos e, portanto, os gráficos de dispersão suprimidos.

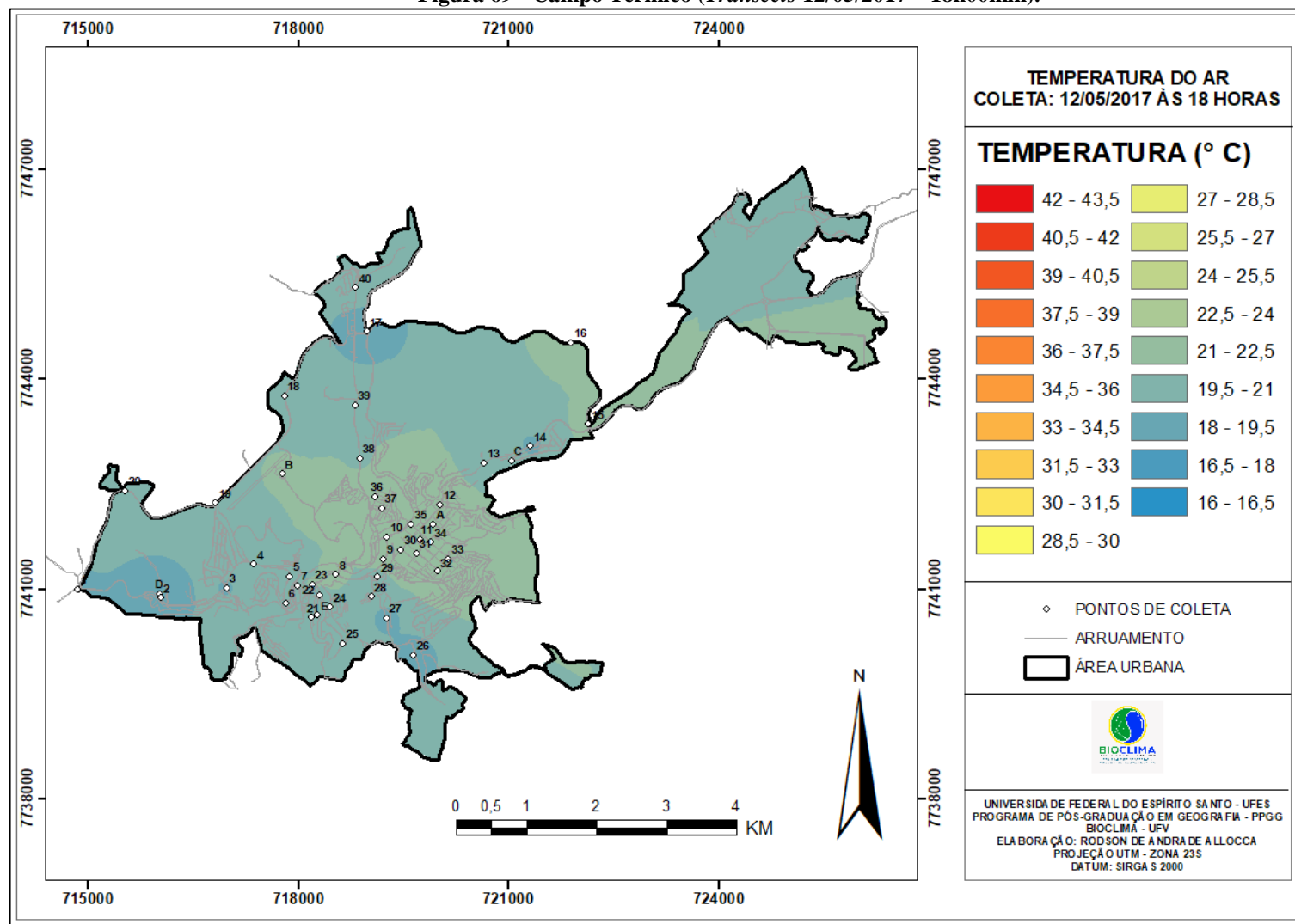
Tabela 17 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	0,220421	FRACA
Radiação Global	-0,03576	FRACA
Tempo de Radiação	0,121439	FRACA
SVF	0,238605	FRACA
Densidade Demográfica	0,430644	MÉDIA

Fonte: elaborado pelo autor.

A espacialização do campo térmico (Figura 69) apontou a ocorrência de áreas com temperaturas mais frias na porção oeste, sul, norte e um pequeno núcleo a leste da área urbana.

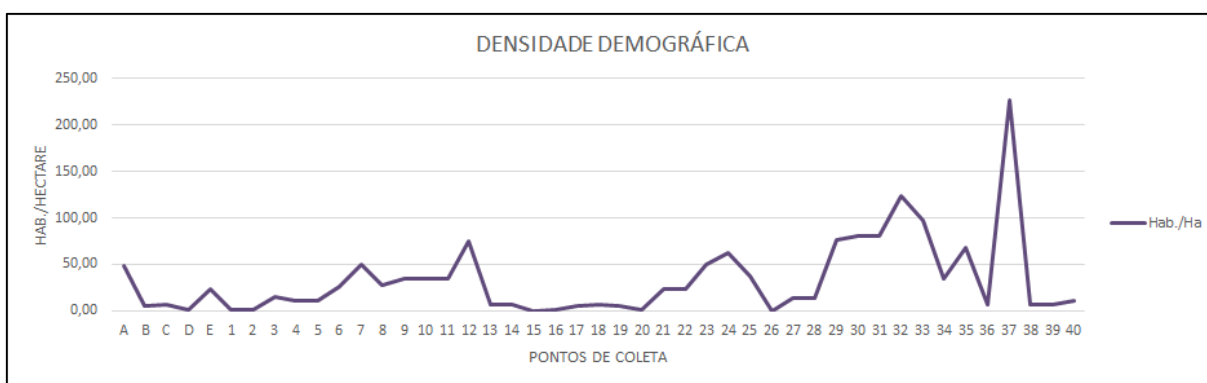
Figura 69 - Campo Térmico (Transects 12/05/2017 – 18h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

Nos pontos onde ocorreram as menores temperaturas, observa-se baixa densidade demográfica (Figura 70). São áreas com menor intensidade de fluxos de pessoas e veículos, predomínio de uso misto (residencial/comercial), com maior ênfase do uso residencial e ainda assim, com padrão construtivo sem grande adensamento.

Figura 70 - Variação da Densidade Demográfica.



Fonte: elaborado pelo autor.

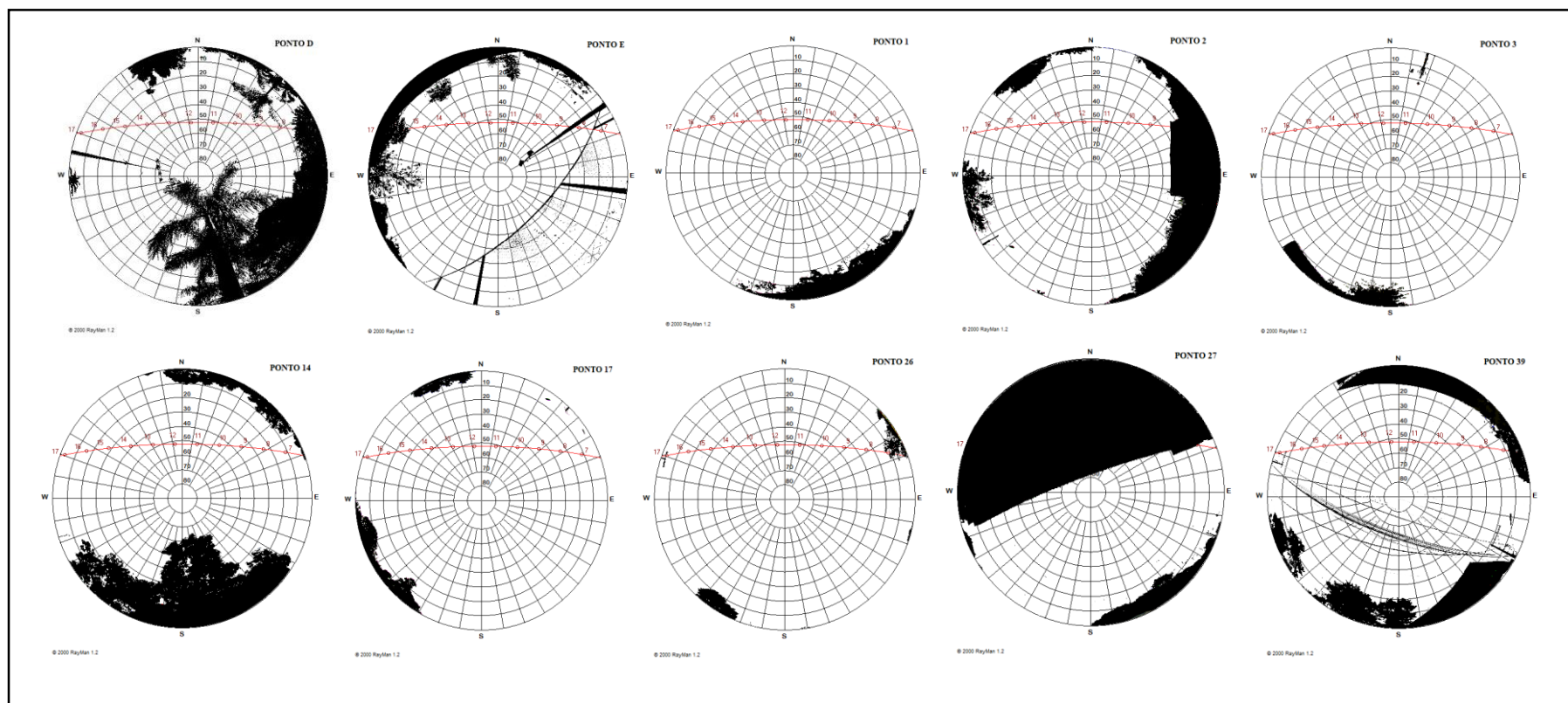
Especificamente os Pontos 17, 26, 27 e 39 estão situados no relevo de fundo de vale e têm seus valores térmicos, possivelmente, influenciados pela dinâmica da brisa de montanha escoando pelas encostas. Além de receber, de maneira geral, menor incidência da radiação direta comparada ao período do verão, iniciam seu processo de resfriamento logo após o pôr do sol.

Analisando os gráficos polares (Figura 71) podemos observar que no Ponto E a incidência de radiação solar direta ocorre até, aproximadamente, às 15h30min. Após esse momento o ponto sofre ação do sombreamento, reduzindo no ponto o fotoperíodo. A localização do ponto na porção elevada de uma encosta com orientação leste e que, portanto, recebe maior radiação no período da manhã, influencia na ocorrência de menores temperaturas nos períodos subsequentes.

O Ponto 27 tem o comportamento térmico justificado pela baixa radiação solar direta que incide sobre o mesmo. Observando-se o gráfico polar é possível visualizar que o ponto, em função da trajetória aparente do sol nesta época do ano, sofre pelo sombreamento das construções de seu entorno.

Nos demais pontos, o SVF é maior o que facilita a dispersão da energia térmica, tornando as temperaturas mais baixas.

Figura 71 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maior temperatura observada para o horário foi registrada no Ponto 35 (22,3°C). Destacam-se também os Pontos 11, 32, 33 e 37 por apresentarem maiores valores térmicos, como pôde ser observado acima na Figura 68.

Na espacialização do campo térmico, conforme pôde ser verificado anteriormente na Figura 69, há a formação de uma área aquecida na porção central da mancha urbana.

Os resultados das análises de correlação linear estão organizados na Tabela 18 e apresentaram fortíssima correlação inversa para a altimetria e forte correlação inversa para a radiação global e para o SVF. Os coeficientes de determinação “R²” também foram representativos e encontram-se nos gráficos de dispersão (Figura 72).

Tabela 18 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,915	FORTÍSSIMA
Radiação Global	-0,82367	FORTE
Tempo de Radiação	-0,07143	FRACA
SVF	-0,77991	FORTE
Densidade Demográfica	-0,16976	FRACA

Fonte: elaborada pelo autor.

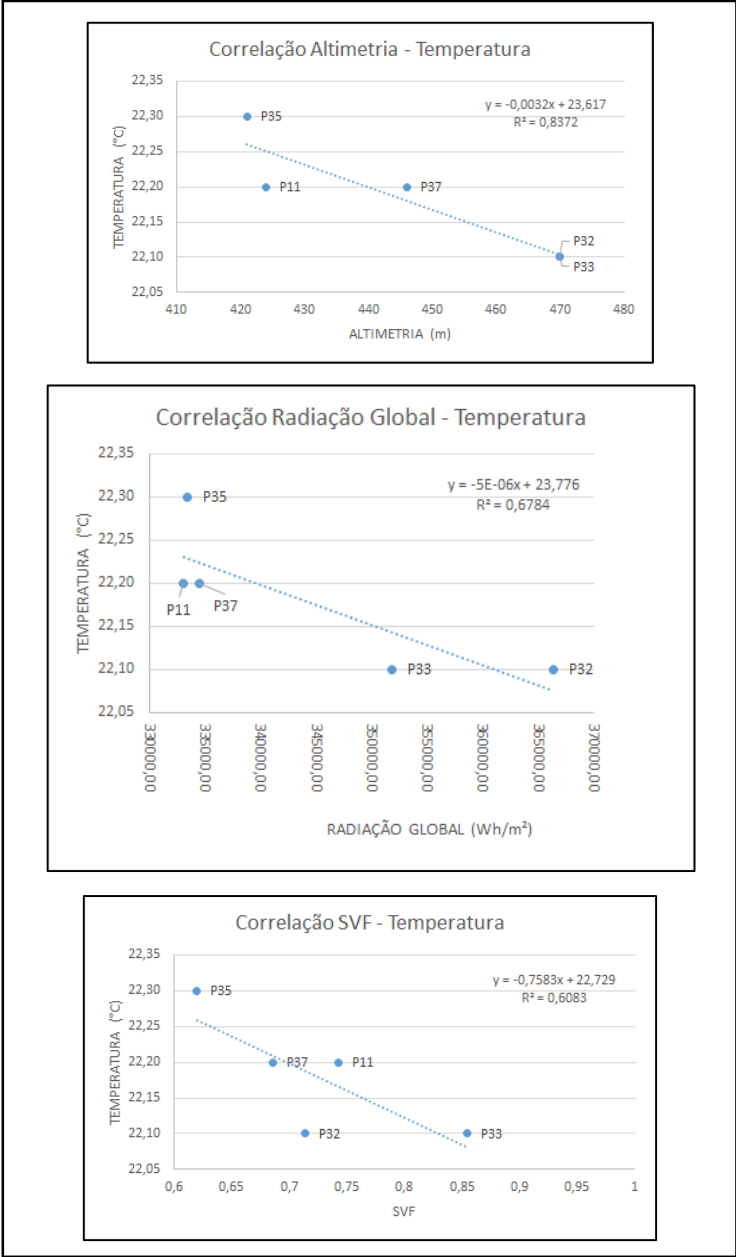
Os Pontos 32 e 33 estão situados em altitude mais elevada em relação aos demais pontos aquecidos, contudo apresentam orientação norte e noroeste, respectivamente, o que garante maior exposição à radiação solar direta, aumentando, assim, a taxa de aquecimento diurno e fazendo com que após o pôr do sol as temperaturas sejam mais elevadas pelo acúmulo de energia diuturna. Além da condição topográfica favorável a um processo de maior aquecimento, os pontos apresentam ainda grande densidade demográfica.

Nos demais pontos, o relevo é plano e, ao observarmos os gráficos polares (Figura 73), podemos constatar que, em função da trajetória aparente do sol, nesses pontos também ocorre incidência de radiação direta ao longo de quase todo o dia.

No Ponto 35, onde foi registrada a maior temperatura para o horário, além de grande incidência de radiação direta, temos ainda um intenso volume de fluxos de pessoas e veículos, contribuindo para o aumento da temperatura devido ao calor antropogênico que é gerado. O ponto situa-se na área mais dinâmica da cidade, onde concentram-se as principais atividades de comércio do município. Ainda pela observação dos gráficos polares, conseguimos perceber que o ponto possui um moderado grau de obstrução da abóbada celeste, com SVF de 0,62, que, em

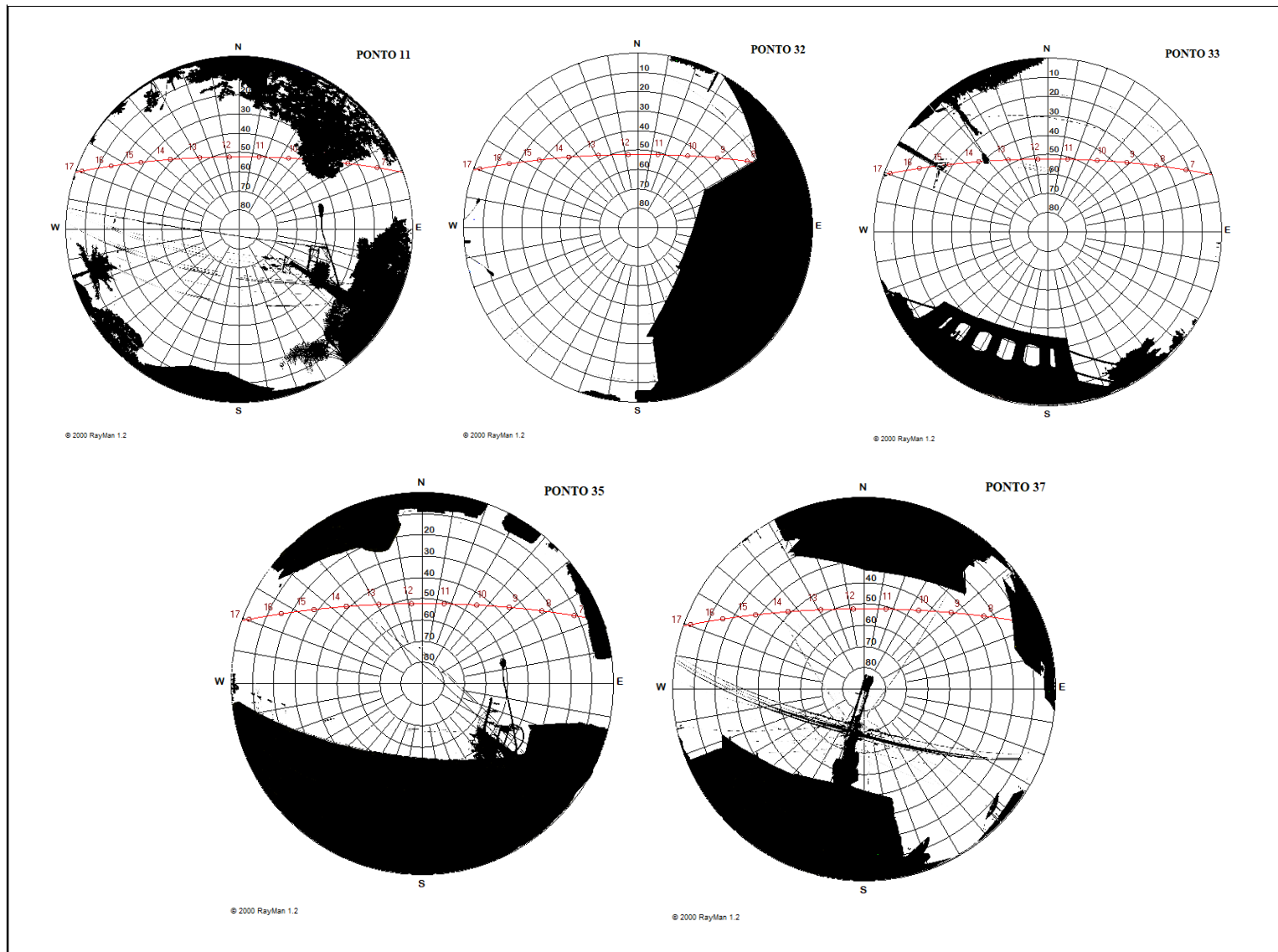
função da trajetória aparente do sol, não compromete a entrada de radiação solar, mas interfere na dispersão da energia, dificultando a perda de calor.

Figura 72 - Correlação Fatores – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 73 - Gráficos Polares contento a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

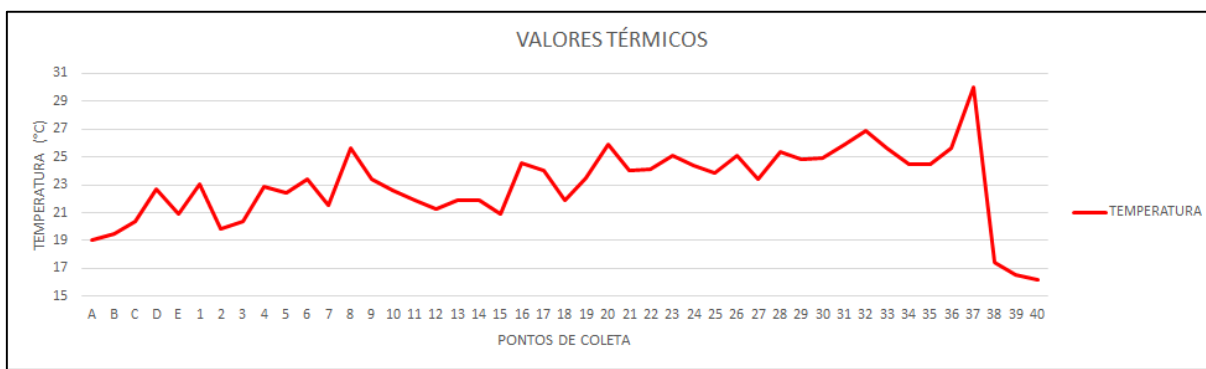
5.3.3 Coleta realizada em 27 de julho de 2017 – Episódio de Inverno

O campo térmico no período da manhã (09h00min)

A coleta de dados realizada no período matutino às 09h00min revelou a ocorrência de uma variação térmica de 13,8°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 16,2°C no Ponto 40 e a máxima de 30°C no Ponto 37.

Os Pontos A, B, 2, 38 e 39, juntamente com o Ponto 40, representam as menores taxas de temperatura registradas. As temperaturas nesses pontos variaram entre 16,5°C e 19,8°C (Figura 74).

Figura 74 - Valores Térmicos (Transects 27/07/17 - 09h00min).



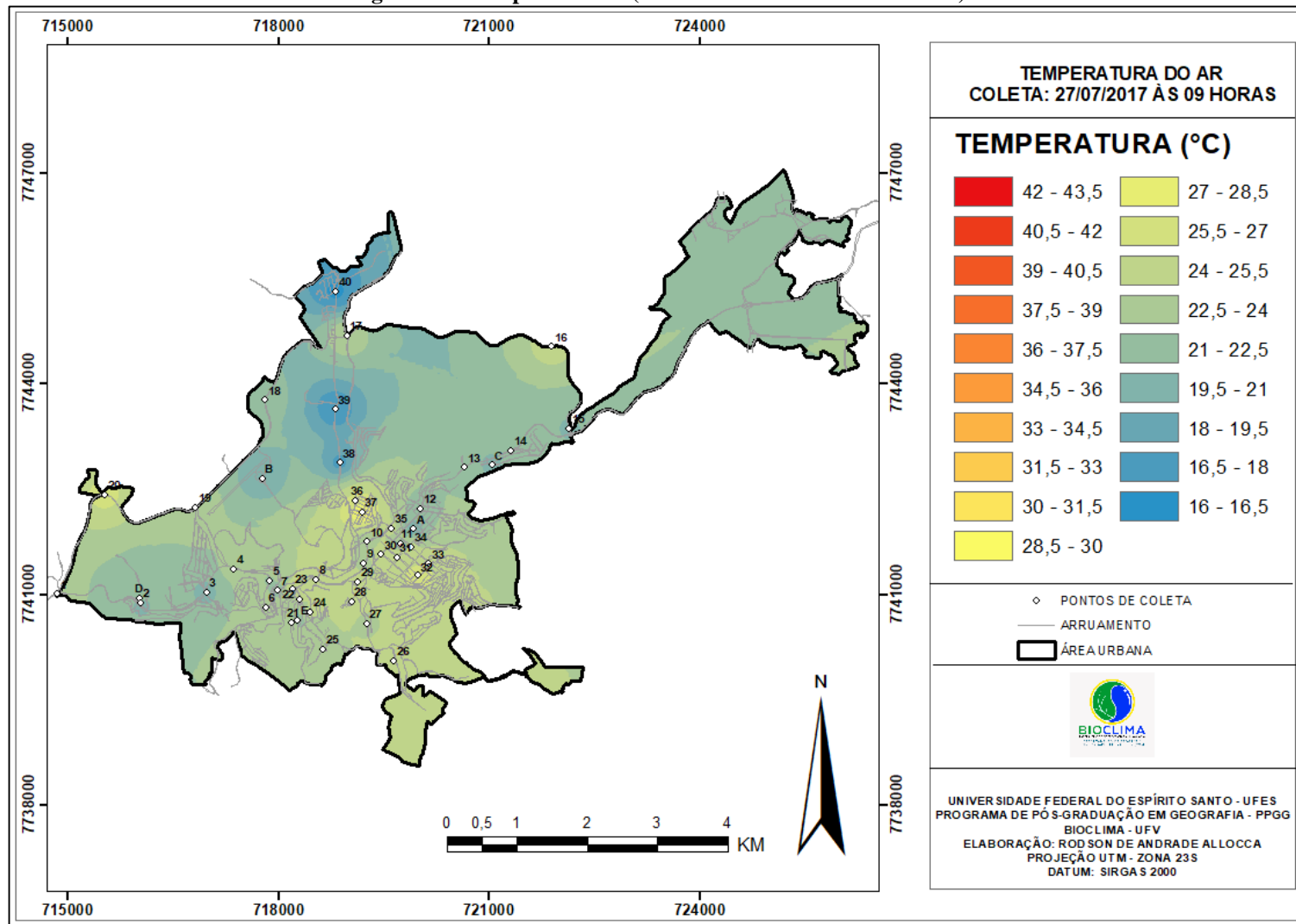
Fonte: elaborado pelo autor.

A espacialização do campo térmico (Figura 75) indica a ocorrência de áreas de menores temperaturas na direção norte no entorno dos Pontos 38, 39 e 40, a noroeste no entorno do Ponto B, a oeste no entorno do Ponto 2 e no entorno do Ponto A, situado na área central da mancha urbana.

Os Pontos 38, 39 e 40, assim como ocorreu no verão, destacaram-se para o horário das 09h00min como pontos de menores valores térmicos. A localização desses pontos está associada ao fundo do vale do Rio Piranga e as menores temperaturas ocorreram no trecho do vale onde observa-se menor adensamento urbano. Nas porções do vale associadas a maior adensamento, não se observou os mesmos valores térmicos. Neste sentido, podemos entender que mesmo o rio atuando como um elemento regulador da temperatura, quando associado a maiores taxas de adensamento de construções, sua capacidade de refrigeração do ar nas primeiras horas da manhã fica parcialmente comprometida.

A correlação linear dos fatores com a temperatura pode ser verificada na Tabela 19.

Figura 75 - Campo Térmico (Transects 27/07/2017 - 09h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 19 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

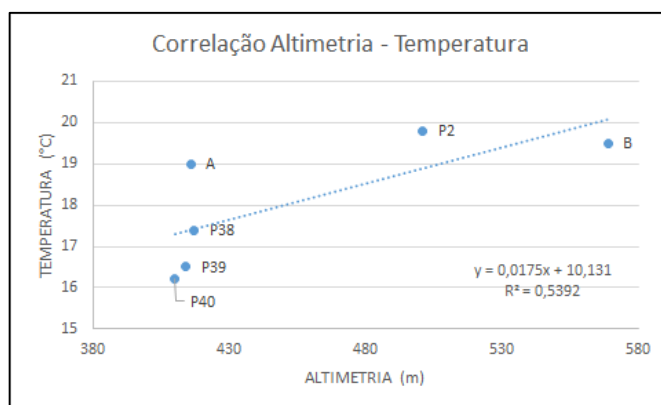
Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	0,734336	FORTE
Radiação Global	-0,06402	FRACA
Tempo de Radiação	-0,3869	MÉDIA
SVF	-0,15731	FRACA
Densidade Demográfica	0,135005	FRACA

Fonte: elaborado pelo autor.

Podemos observar, a partir da tabela, que a altimetria apresentou a maior correlação dentre os fatores, uma correlação forte positiva. Nesse caso, quando a altitude aumenta, as temperaturas também aumentam. O coeficiente de determinação “R²” para essa correlação foi classificado como forte, conforme se pode observar no gráfico de dispersão (Figura 76).

Os pontos 38, 39 e 40 localizam-se nas proximidades da calha do rio e neles, notadamente, os valores térmicos apresentam-se influenciados pela circulação noturna da brisa da montanha, que é potencializada pelo efeito térmico do corpo hídrico e pela baixa taxa de adensamento urbano, mantendo temperaturas mais baixas nas primeiras horas da manhã. O mesmo efeito não pode ser observado no Ponto A, que também se situa em baixa cota altimétrica, porém em local afastado do rio, com maior adensamento urbano e, em comparação aos pontos anteriormente citados, possui maior temperatura relativa.

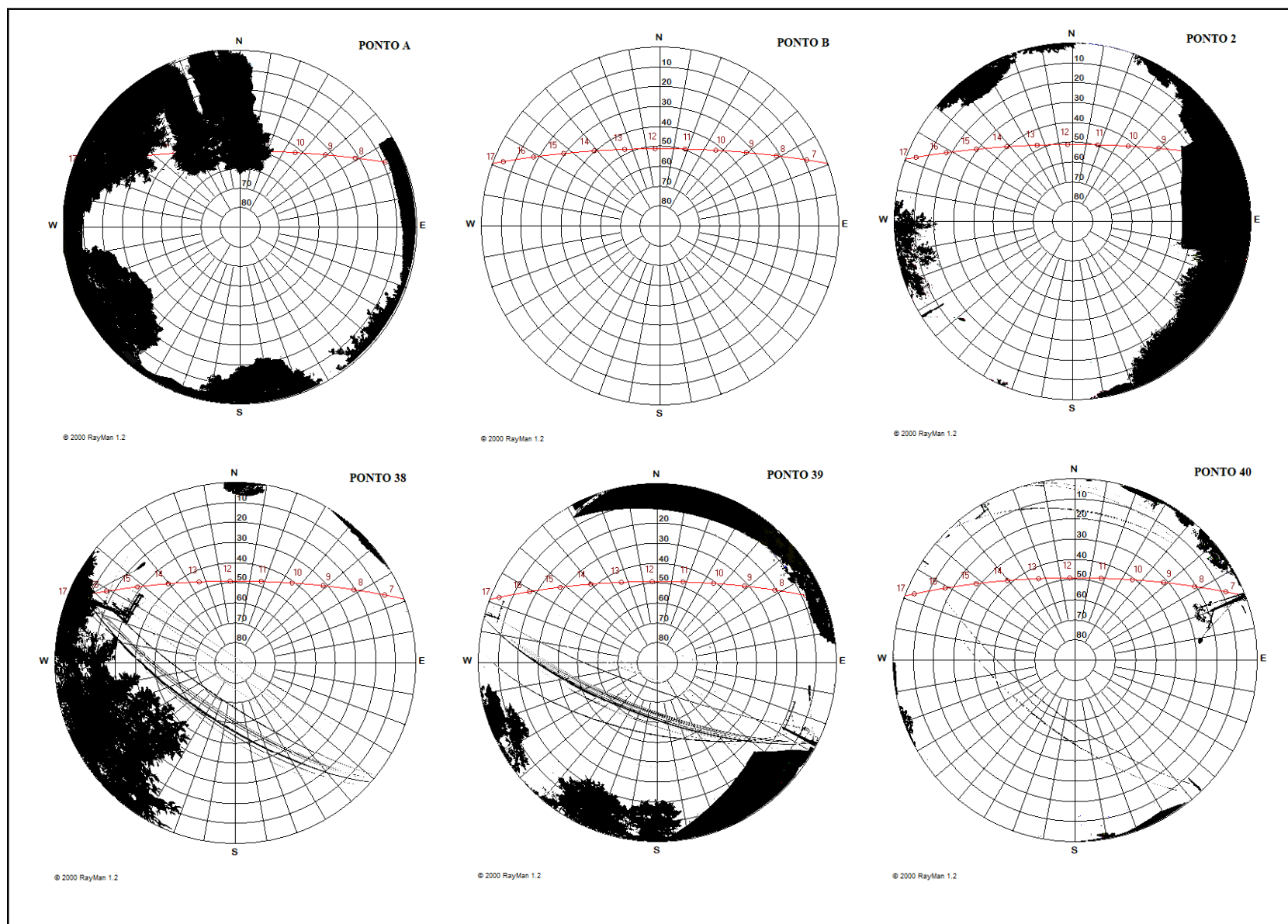
Figura 76 - Correlação Altimetria – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise dos gráficos polares (Figura 78) indicam que os Pontos A, 2 e 39 possuem um retardamento do início da incidência da radiação solar direta em função de obstruções da abóbada celeste, fator que contribui para menores índices térmicos. Para os demais pontos não se verifica obstruções consideráveis para o período da manhã.

Figura 77 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maior temperatura foi registrada no Ponto 37 (30°C) e os Pontos 8, 20, 23, 26, 28, 31, 32, 33 e 36 foram representativos, pois, juntamente com o Ponto 37, apresentaram os maiores valores térmicos, com temperaturas entre 25,1°C e 26,9°C, conforme apresentado anteriormente.

Na espacialização do campo térmico, nota-se que a área aquecida de maior expressividade está disposta no cento da mancha urbana, descontinuada pela presença da calha do rio em certos pontos, mas ocupando grande parte da área de maior adensamento de construções.

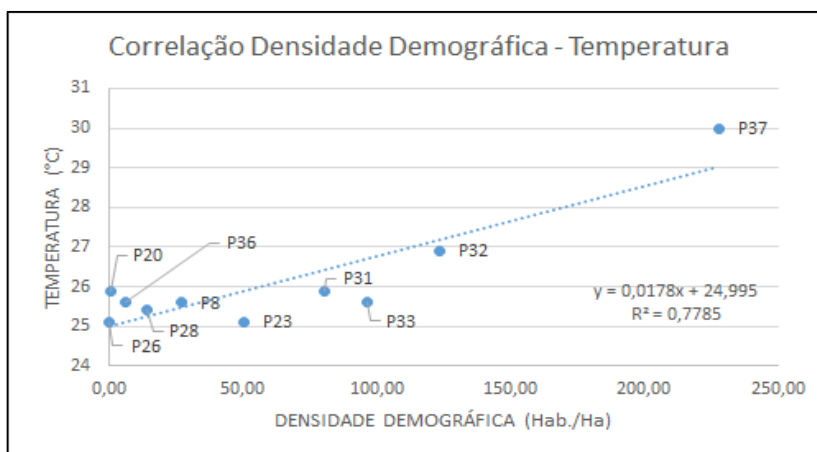
Na análise do coeficiente de correlação linear de Pearson (Tabela 20), pode ser verificado que a densidade demográfica é o fator que apresenta melhor resultado ($r = 0,882314$), representando uma forte correlação linear. Através do gráfico de dispersão (Figura 78), observamos que o coeficiente de determinação $R^2 = 0,7785$ foi representativo e é considerado forte, indicando que a temperatura observada nos pontos sob análise pode ser 77,85% explicada pela densidade demográfica do local.

Tabela 20 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	0,048846	FRACA
Radiação Global	-0,18698	FRACA
Tempo de Radiação	0,235453	FRACA
SVF	-0,21174	FRACA
Densidade Demográfica	0,882314	FORTE

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 78 - Correlação Densidade Demográfica – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

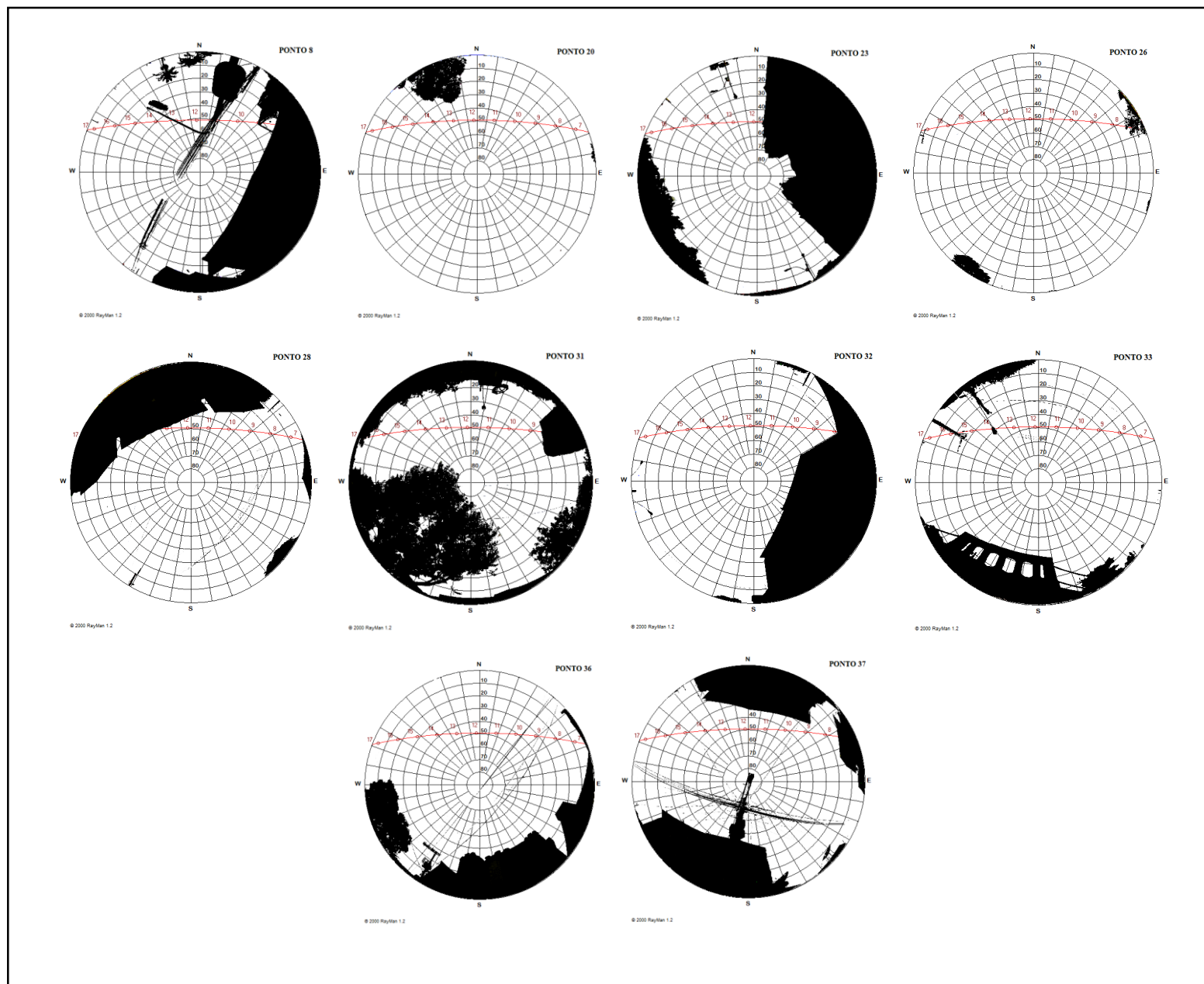
Os Pontos 20 e 26 estão localizados em áreas de menor densidade demográfica, porém favorecidos pela orientação oeste e leste, respectivamente. Apresentam valores térmicos elevados e situam-se às margens de rodovias importantes de acesso à cidade, onde o tráfego faz-se elemento constante e a cobertura asfáltica, somada ao calor advindo dos veículos automotores, eleva os valores térmicos.

Os Pontos 31, 32 e 37 apresentaram as maiores temperaturas dentre os pontos aquecidos e a relação entre densidade demográfica e temperatura é evidenciada, pois esses pontos se encontram em meio a elevados valores de densidade. Além do fator densidade, no caso desses pontos, a orientação norte (Pontos 31 e 32) e o relevo plano (Ponto 37) contribuem para a elevação da temperatura, uma vez que expõem o local a maiores taxas de radiação solar direta.

Os gráficos polares (Figura 79) demonstram a diversidade da geometria urbana nos pontos observados. Nos Pontos 8, 23, 31, 32 e 37 é perceptível que o início da incidência de radiação solar direta é afetado pelas obstruções da abóbada celeste. Embora o início da radiação seja retardado, a obstrução gera também um efeito de maior armazenamento da energia térmica, uma vez que a irradiação é, parcialmente, comprometida pelas estruturas físicas do entorno.

Nos Pontos 28 e 36 a radiação solar incide desde as primeiras horas da manhã e as obstruções da abóbada celeste dificultam o processo de irradiação, gerando condições para a elevação da temperatura. Nos Pontos 20, 26 e 33 o SVF é elevado, não gerando obstruções consideráveis.

Figura 79 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.

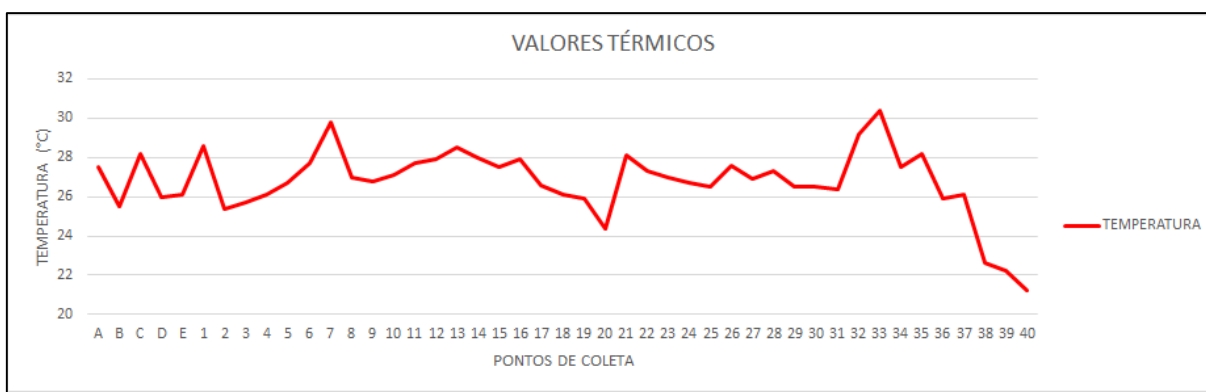


Fonte: elaborado pelo autor.

O campo térmico no período vespertino (15h00min)

A coleta de dados realizada no período vespertino, às 15h00min, revelou a ocorrência de uma variação térmica de 9,2°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 21,2°C, no Ponto 40, e a máxima, de 30,4°C, no Ponto 33. Os Pontos 38 e 39, juntamente com o Ponto 40, representam as menores taxas de temperatura registradas. As temperaturas nesses pontos foram de 22,2°C e 22,6°C, respectivamente (Figura 80).

Figura 80 - Valores Térmicos (Transects 27/07/2017 - 15h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

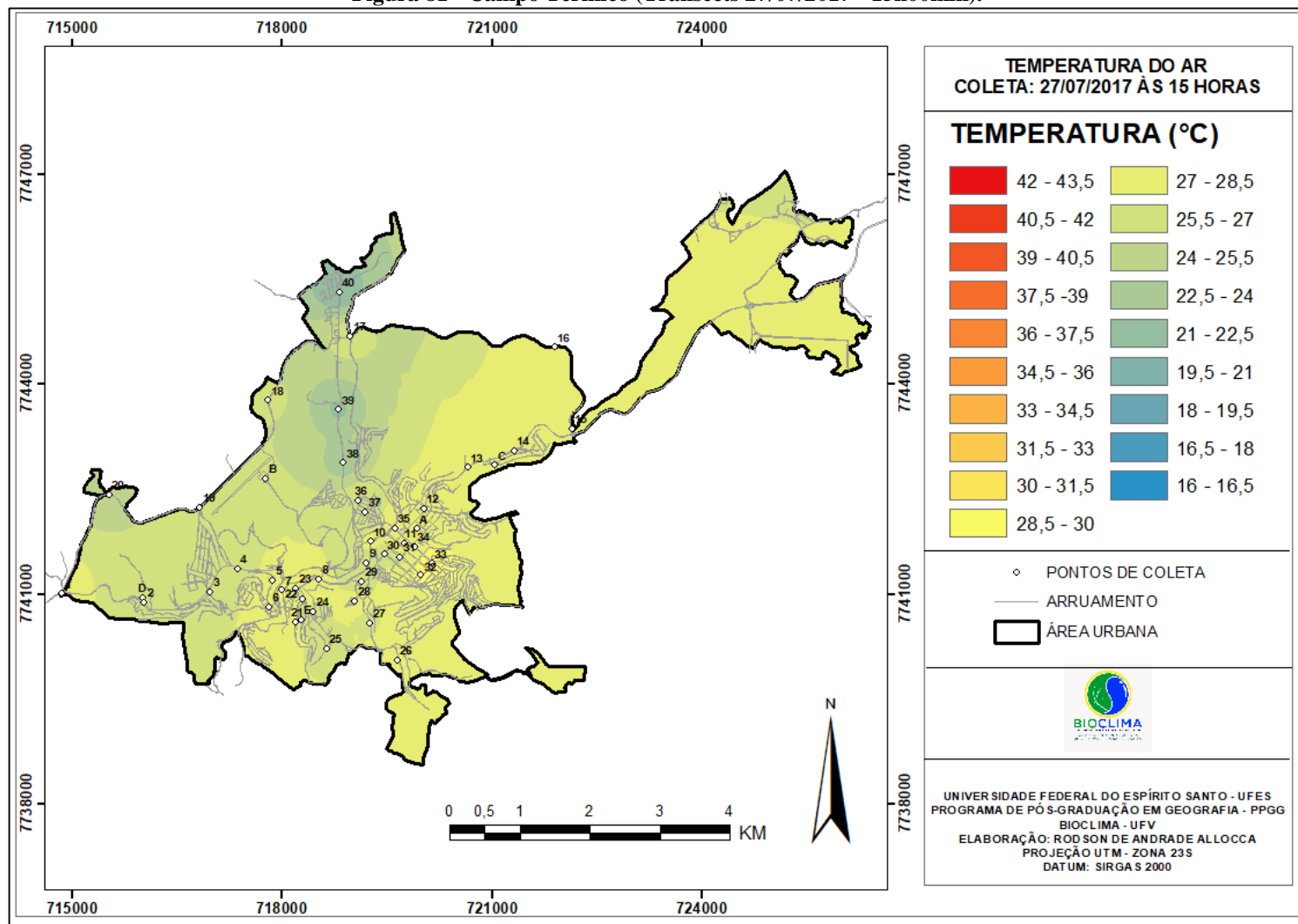
Em função da restrição no número de pontos selecionados para esta análise, não foi necessária a submissão dos dados à análise de correlação entre os fatores através do levantamento dos coeficientes “r” e R²”.

A partir da espacialização do campo térmico (Figura 81), nota-se a formação de núcleos de menores temperaturas, bastante circunscritos, no entorno dos Pontos 28, 39 e 40, ao norte da área urbana.

Esses pontos localizam-se no fundo do vale do Rio Piranga. Tal fator pode ser entendido como importante influência nos índices térmicos, considerando que o rio atua como um regulador da temperatura atmosférica, uma vez que seu processo de aquecimento é mais lento e, com isso, é capaz de gerar efeito de arrefecimento da atmosfera em seu entorno.

Embora o rio exerça esse papel, é importante notar que o comportamento da temperatura, observada nos pontos em questão, não é percebido ao longo de todo curso do rio através da área urbana. Nos trechos onde o rio passa por localidades mais adensadas de construções, aparentemente, o potencial de arrefecimento sofre uma redução e, neste sentido, as temperaturas apresentaram-se mais elevadas (HATHWAY E SHARPLES, 2012).

Figura 81 - Campo Térmico (Transects 27/07/2017 - 15h00min).

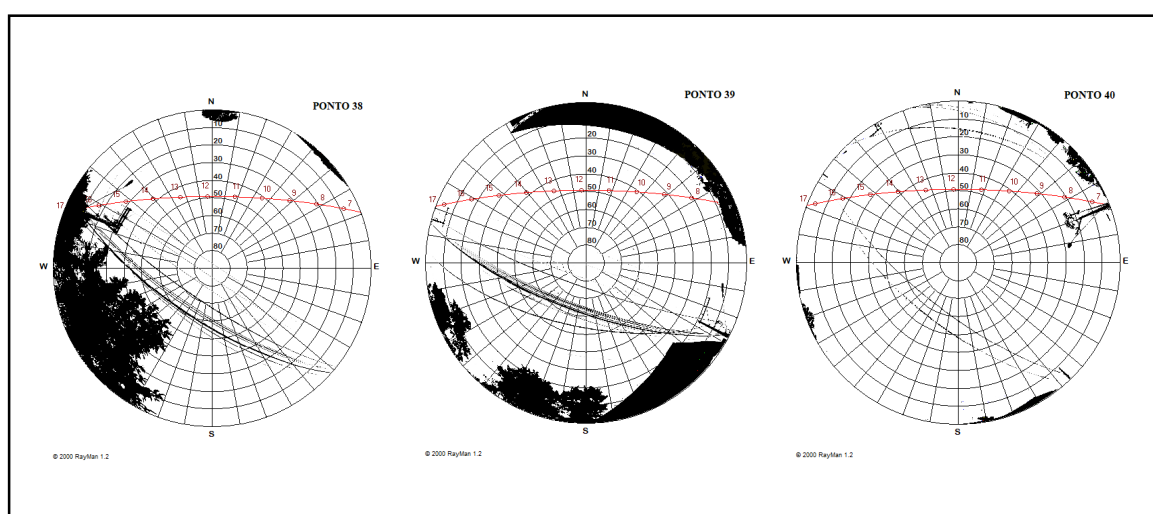


Fonte: elaborado pelo autor.

Pela análise dos gráficos polares (Figura 82) é possível observar que, em função da geometria do entorno e da trajetória aparente do sol, além de levarmos em consideração a orientação do relevo (plano nos pontos 39 e 40; orientação leste no ponto 38), os pontos recebem radiação solar direta desde as primeiras horas da manhã, fatores que favoreceriam a ocorrência de maiores índices térmicos. Contudo, não se observa esse comportamento.

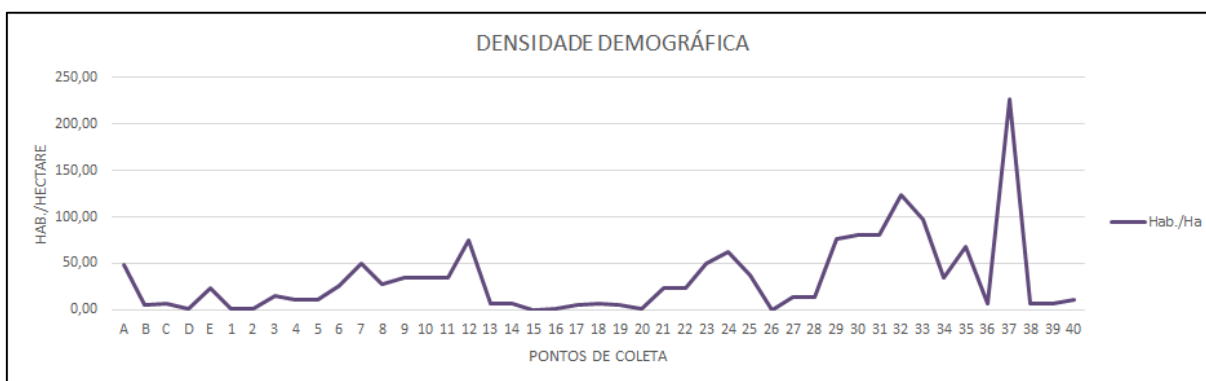
Desse modo, evidencia-se ainda mais o efeito de arrefecimento da temperatura do ar gerado pelo rio. Somam-se ainda a esse efeito baixas taxas de densidade demográfica (Figura 83) e, conseqüentemente, menor adensamento de construções.

Figura 82 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 83 - Densidade Demográfica.



Fonte: elaborado pelo autor.

A maior temperatura foi registrada no Ponto 33 (30,4°C) e os Pontos C, 1, 7, 13, 14, 21, 32 e 35 foram representativos, pois, juntamente com o Ponto 37, apresentaram os maiores

valores térmicos, com temperaturas entre 28°C e 29,8°C, conforme apresentado anteriormente na Figura 81.

Na espacialização do campo térmico, nota-se que a ocorrência de diversas áreas aquecidas na área urbana. Com base nos dados de temperatura, destacam-se as porções: sudeste, no entorno dos Pontos 32 e 33; leste, no entorno dos Pontos 13, 14 e C; na porção central, no entorno do Ponto 35; oeste, no entorno do Ponto 1; e, em outro setor da área central, no entorno dos Pontos 7 e 21.

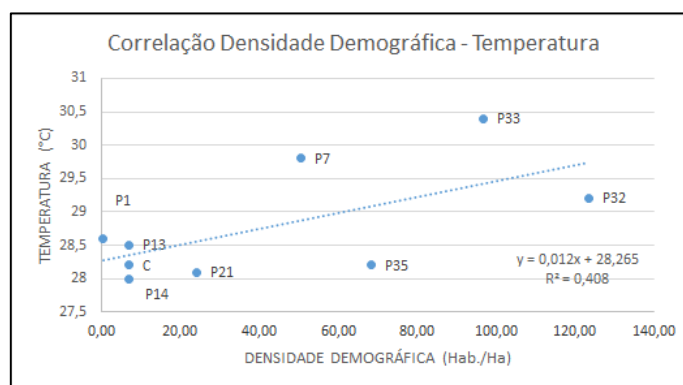
A análise de correlação (Tabela 21) indicou forte correlação positiva entre a densidade demográfica e a temperatura. O gráfico de dispersão (Figura 84) revelou que também é forte o coeficiente de determinação, em que $R^2 = 0,408$, ou seja, para a amostra, a temperatura pode ser explicada em 40,8% pela variação da densidade demográfica.

Tabela 21 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,30007	FRACA
Radiação Global	-0,18401	FRACA
Tempo de Radiação	-0,26283	FRACA
SVF	0,115191	FRACA
Densidade Demográfica	0,63876	FORTE

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 84 - Correlação Densidade Demográfica – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Ao analisarmos os pontos de maiores temperaturas, podemos perceber que, embora a densidade demográfica seja um importante fator, é possível associar o comportamento térmico a outras características observadas nos pontos.

Os Pontos C, 13 e 14, apresentam relevo com orientação noroeste, favorecendo a incidência de radiação solar direta. Nos Pontos 13 e 14, além da orientação favorável ao processo de aquecimento, podemos somar o efeito do intenso tráfego de veículos no local onde estão situados (Rodovia MG-329), em que a cobertura asfáltica, com baixo albedo⁸, aumenta a temperatura.

O Ponto 1, que se situa em relevo plano, recebendo altas taxas de radiação solar direta, também apresenta intenso tráfego de veículos que, em função do calor gerado pelos motores dos automóveis, recebe um acréscimo de energia térmica levando a uma elevação da temperatura.

No Ponto 21, a orientação voltada para oeste e a densidade demográfica contribuem para a elevada temperatura observada no local.

O Ponto 35 tem seu comportamento térmico justificado por apresentar um moderado grau de obstrução da abóbada celeste ($SVF = 0,62$), que contribui para a retenção do calor por dificultar a dispersão da radiação, está em relevo plano favorecendo a incidência da radiação solar direta, em área de uso comercial, onde predominam fluxos de veículos e pessoas bastante intensos, elevada densidade demográfica e maior adensamento de construções.

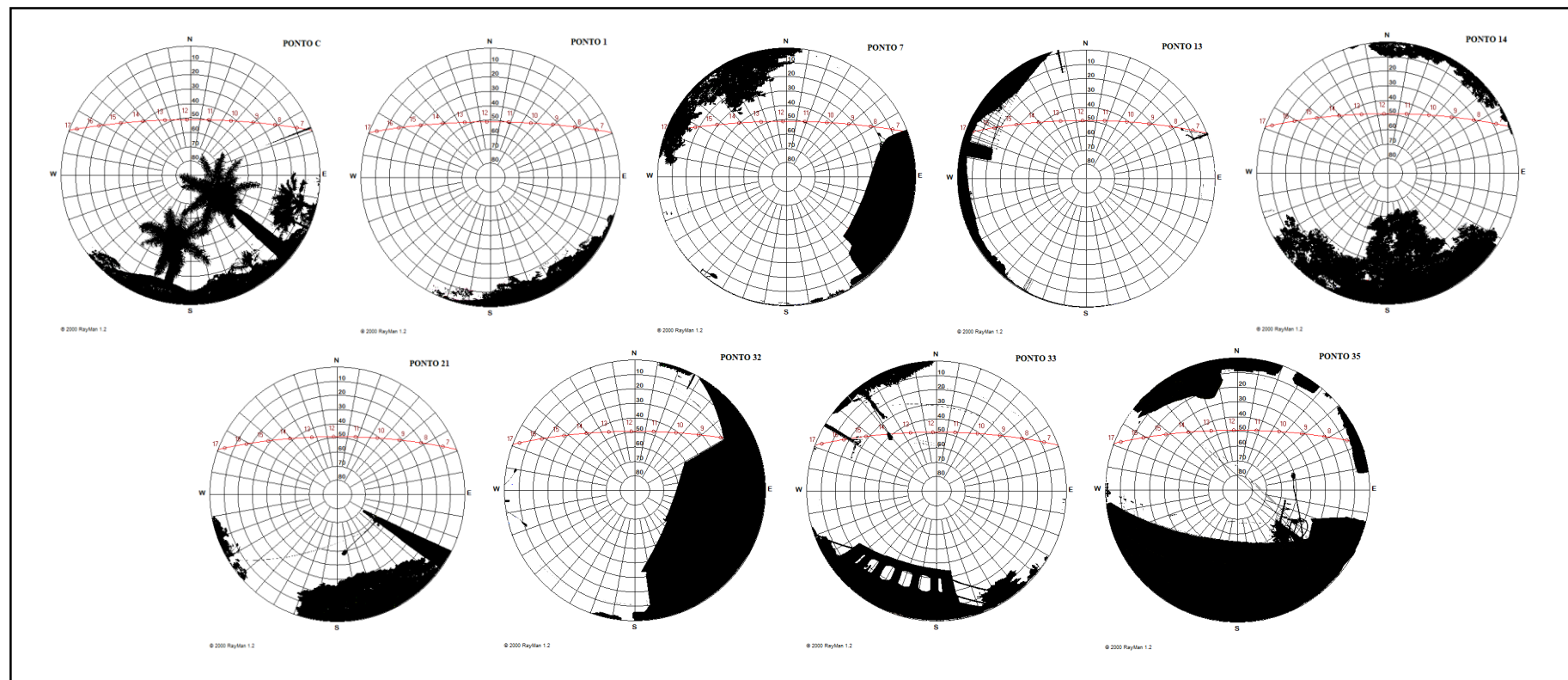
No Ponto 7 podemos destacar, como características que contribuem para o registro de elevado índice térmico, o relevo plano, que favorece a incidência da radiação solar, um intenso volume de tráfego veículos e uma alta densidade demográfica.

Nos Pontos 32 e 33 o relevo de orientação noroeste e norte, respectivamente, associado às altas taxas de densidade demográfica, condicionam a ocorrência de elevadas temperaturas nesses locais.

A observação dos gráficos polares (Figura 85) indica que, apesar de variados valores de SVF, em todos os pontos a trajetória aparente do sol favorece a incidência de radiação solar direta e, nos casos em que há obstrução da abóbada celeste, o efeito da geometria urbana no entorno do ponto acaba favorecendo para maior retenção da energia, pois no processo de irradiação a dispersão é dificultada.

⁸ Capacidade que os corpos apresentam de refletirem a radiação solar que sobre eles incide (MENDONÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 35).

Figura 85 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.

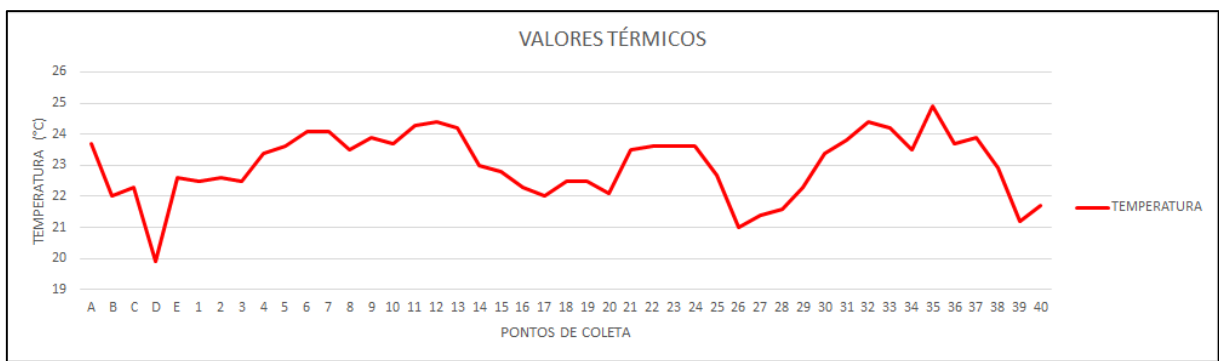


Fonte: elaborado pelo autor.

O campo térmico no período noturno (18h00min)

A coleta de dados realizada no período noturno, às 18h00min, revelou a ocorrência de uma variação térmica de 5°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 19,9°C, no Ponto D, e a máxima, de 24,9°C, no Ponto 35. Os Pontos 26, 27, 28, 39 e 40, juntamente com o Ponto D, representam as menores taxas de temperatura registradas. As temperaturas nesses pontos variaram entre 21°C e 21,7°C (Figura 86).

Figura 86 - Valores Térmicos (Transects 27/07/2017 - 18h00min).

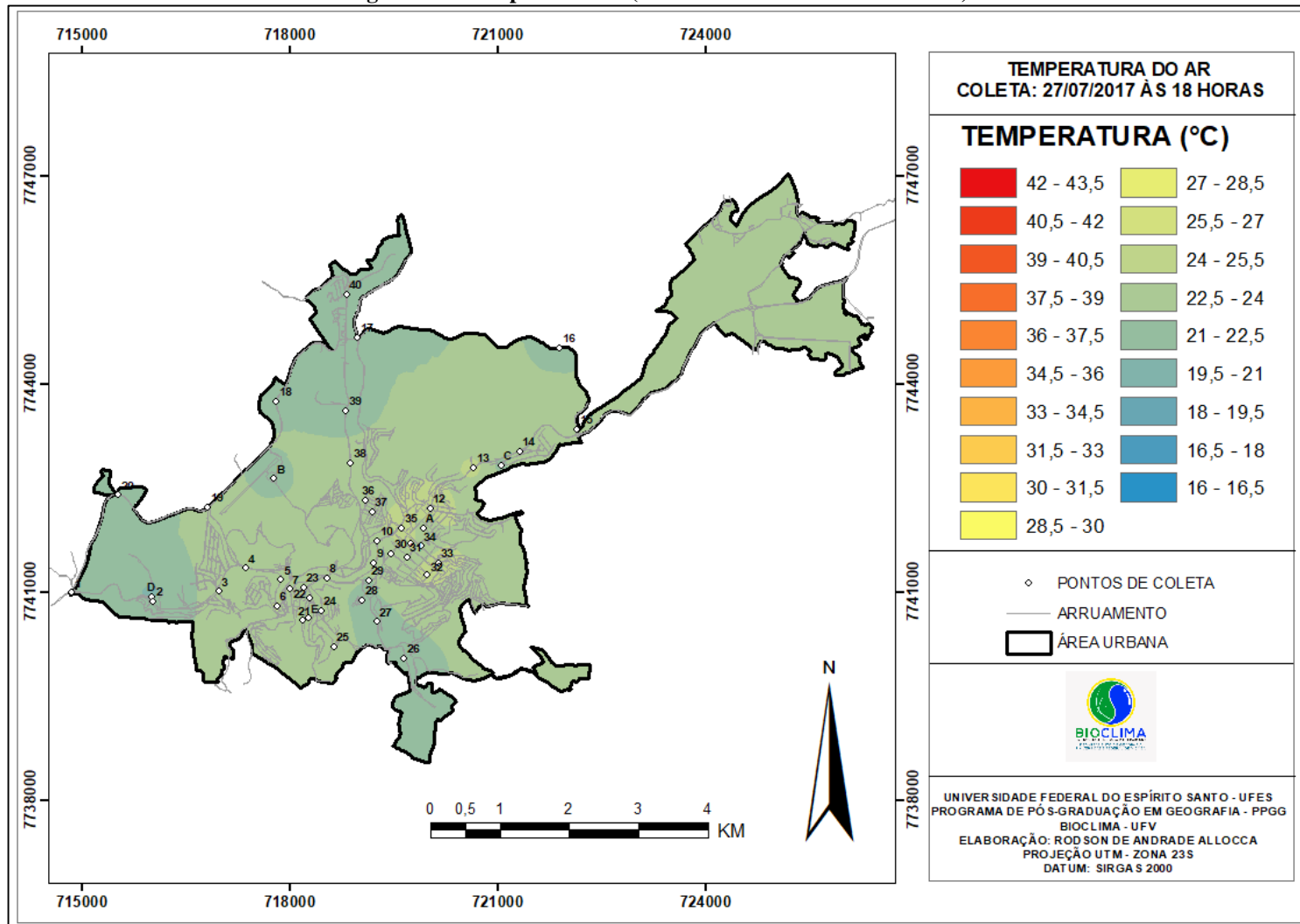


Fonte: elaborado pelo autor.

A espacialização do campo térmico (Figura 87) apontou a ocorrência de núcleos de menores temperaturas nas porções sul, norte e oeste da área urbana. Os pontos localizados no fundo do vale do Rio Piranga (Pontos 39 e 40) e também do Ribeirão Vau-Açu (Pontos 26, 27 e 28), possivelmente, assim como em episódios anteriores, foram influenciados pela circulação da brisa de montanha, que após o pôr do sol passa a atuar levando o ar frio do topo das encostas para as porções mais baixas do relevo (FIALHO, 2009).

O Ponto D, por sua vez, localizado próximo à lagoa do Clube AABB, rodeado por um vale de menor proporção, comparado ao vale do Rio Piranga, apresentou a menor temperatura para o horário. Neste sentido, é provável que o ponto também esteja sobre a atuação da brisa da montanha. Associada a essa condição dinâmica, podemos destacar a baixa densidade demográfica e menor padrão de adensamento de construções.

Figura 87 - Campo Térmico (Transects 27/07/2017 - 18h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise estatística revelou uma forte correlação inversa entre a altimetria e a temperatura e uma forte correlação positiva entre a densidade demográfica e a temperatura, como se pode observar na Tabela 22, através dos valores de “r”.

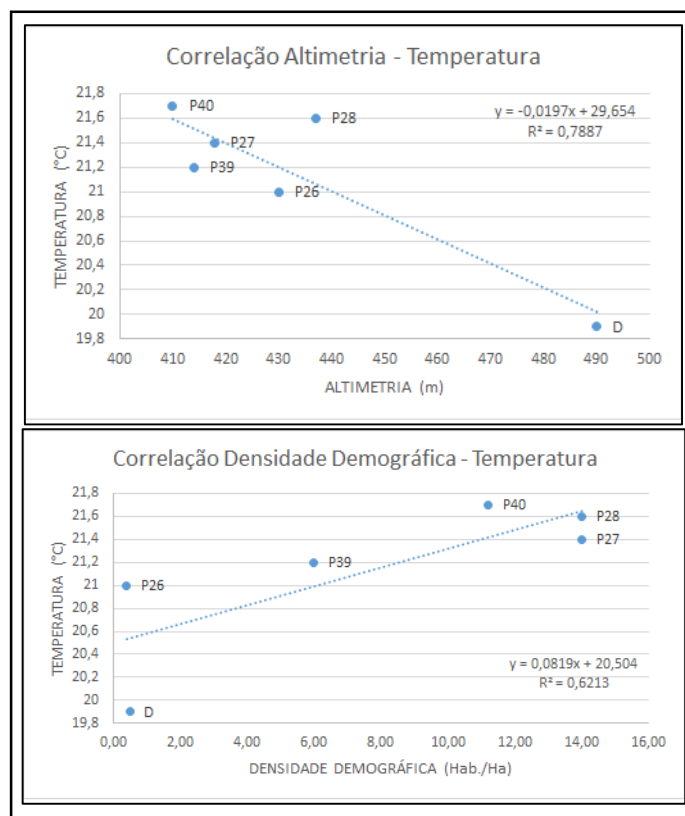
Tabela 22 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,88807	FORTE
Radiação Global	0,183261	FRACA
Tempo de Radiação	-0,2618	FRACA
SVF	0,283309	FRACA
Densidade Demográfica	0,788229	FORTE

Fonte: elaborada pelo autor.

Os coeficientes de determinação “R²” também foram elevados, conforme pode ser verificado nos gráficos de dispersão (Figura 88).

Figura 88 - Correlação Fatores – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os gráficos polares (Figura 89) demonstram não haver interferência do SVF na dinâmica de entrada de radiação solar direta nos Pontos 39 e 40. O processo de entrada e saída da energia é facilitado pela ausência de obstáculos.

Nos Pontos 27 e 28, em função da trajetória solar observada para a época do ano e das obstruções da abóbada celeste, a incidência de radiação solar direta é menor, sendo que no Ponto 27 o tempo de radiação solar direta não ultrapassa o intervalo uma hora ao longo de todo o dia.

A maior temperatura foi registrada no Ponto 35 (24,9°C). A espacialização do campo térmico, conforme pôde ser observada na Figura 87, demonstrou a formação de uma grande área aquecida sobre a quase totalidade da área urbana. A maior parte dos pontos amostrais está inserido nessa área de maior aquecimento.

No dia da coleta, de acordo com a análise sinótica, houve a aproximação da mPa, que gerou uma certa homogeneização das temperaturas, sobretudo para o período noturno, dificultando a percepção da atuação de fatores locais no comportamento térmico.

As análises de correlação pouco foram representativas (Tabela 23), não contribuindo de forma significativa.

Tabela 23 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

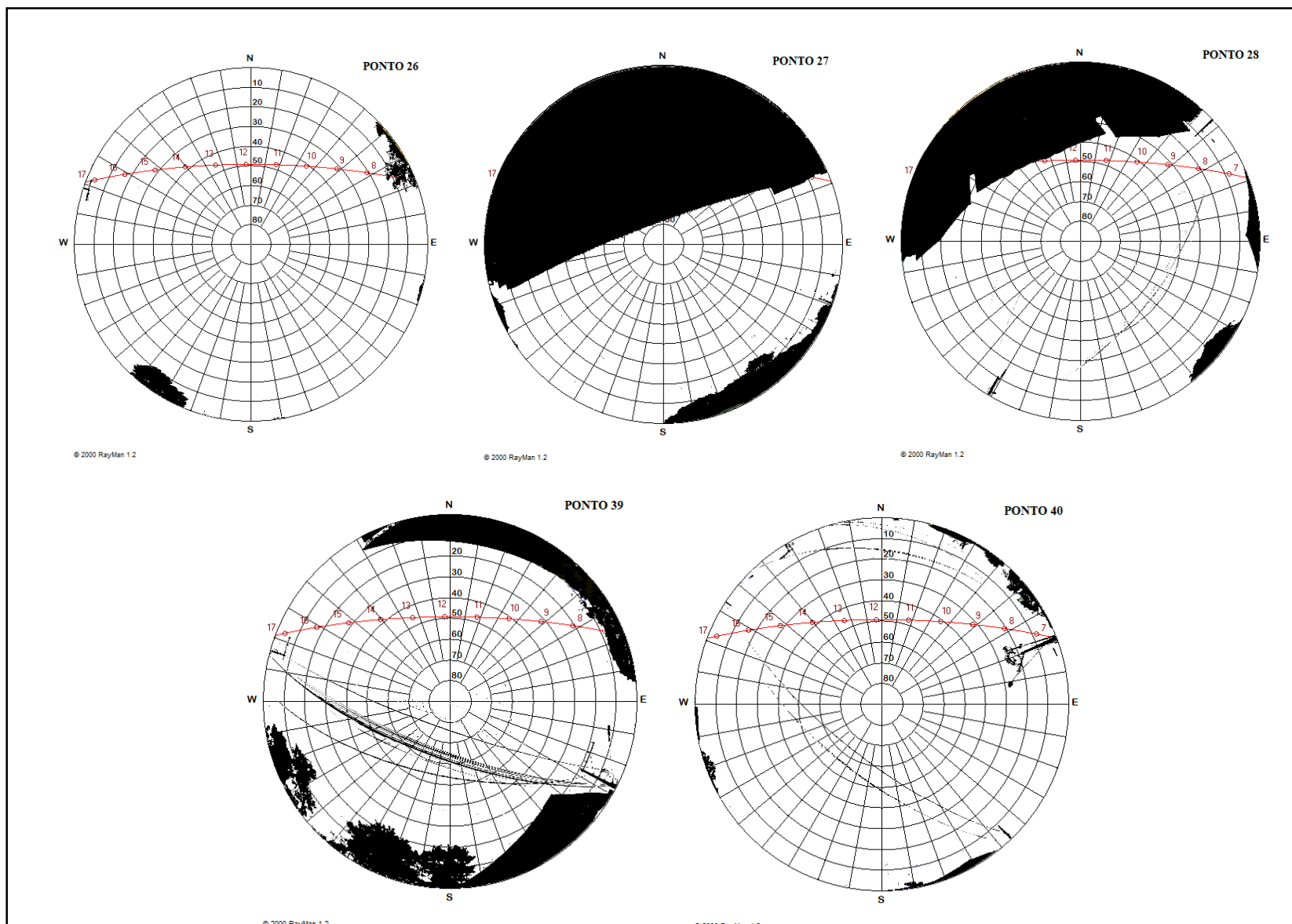
Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,32713	MÉDIA
Radiação Global	-0,2491	FRACA
Tempo de Radiação	0,003279	FRACA
SVF	-0,07567	FRACA
Densidade Demográfica	0,328214	MÉDIA

Fonte: elaborada pelo autor.

Podemos estabelecer uma análise secundária dos Pontos 6, 7, 11, 12, 13, 32, 33 e 35 por apresentarem, em seus respectivos entornos, núcleos um pouco mais pronunciados de aquecimento.

A partir da análise de correlação, considerando apenas esta seleção de pontos amostrais, os resultados se mostraram mais representativos, conforme pode ser verificado na Tabela 24.

Figura 89 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 24 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

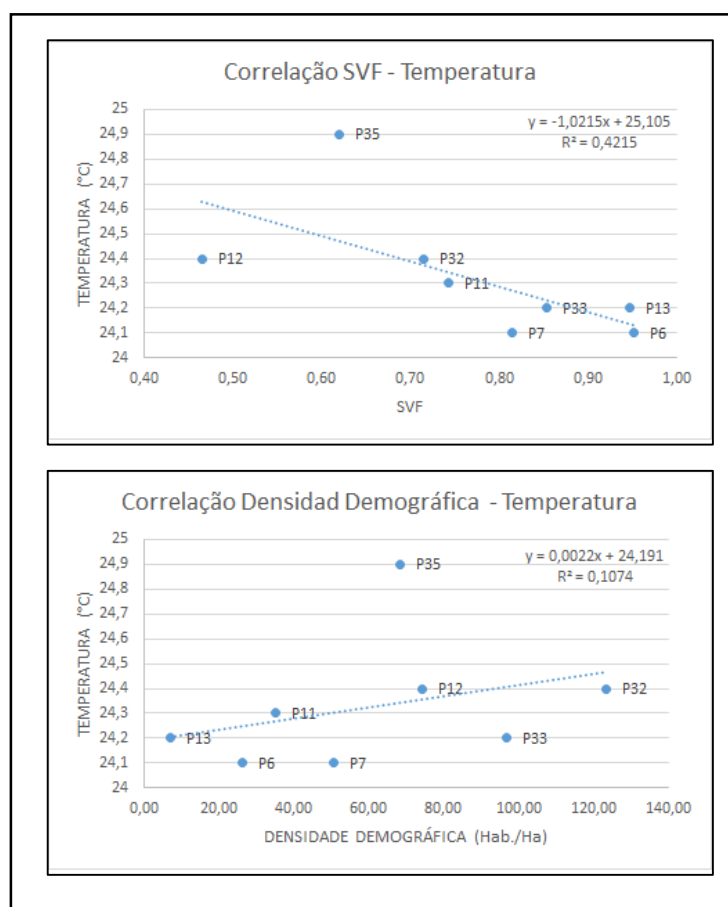
Correlação de Pearson		
Fator	r	Classificação
Altimetria	-0,20092	FRACA
Radiação Global	0,07174	FRACA
Tempo de Radiação	-0,26851	FRACA
SVF	-0,64924	FORTE
Densidade Demográfica	0,327668	MÉDIA

Fonte: elaborado pelo autor.

O SVF foi o fator que melhor apresentou resultado na correlação linear com o valor de $r = -0,64924$, uma correlação forte inversa. A densidade demográfica apresentou uma correlação média positiva, com $r = 0,327668$.

Os gráficos de dispersão (Figura 90) indicaram um coeficiente de determinação forte para a correlação entre o SVF e a temperatura, com $R^2 = 0,4215$. Para a correlação entre densidade demográfica e a temperatura, o coeficiente de determinação foi médio, com $R^2 = 0,1074$.

Figura 90 - Correlação Fatores – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os gráficos polares (Figura 91) demonstram a diversidade dos índices de SVF entre os pontos e, com exceção dos pontos 12 e 32, a trajetória solar favorece a incidência da radiação, ou seja, as obstruções da abóbada celeste não comprometem o processo.

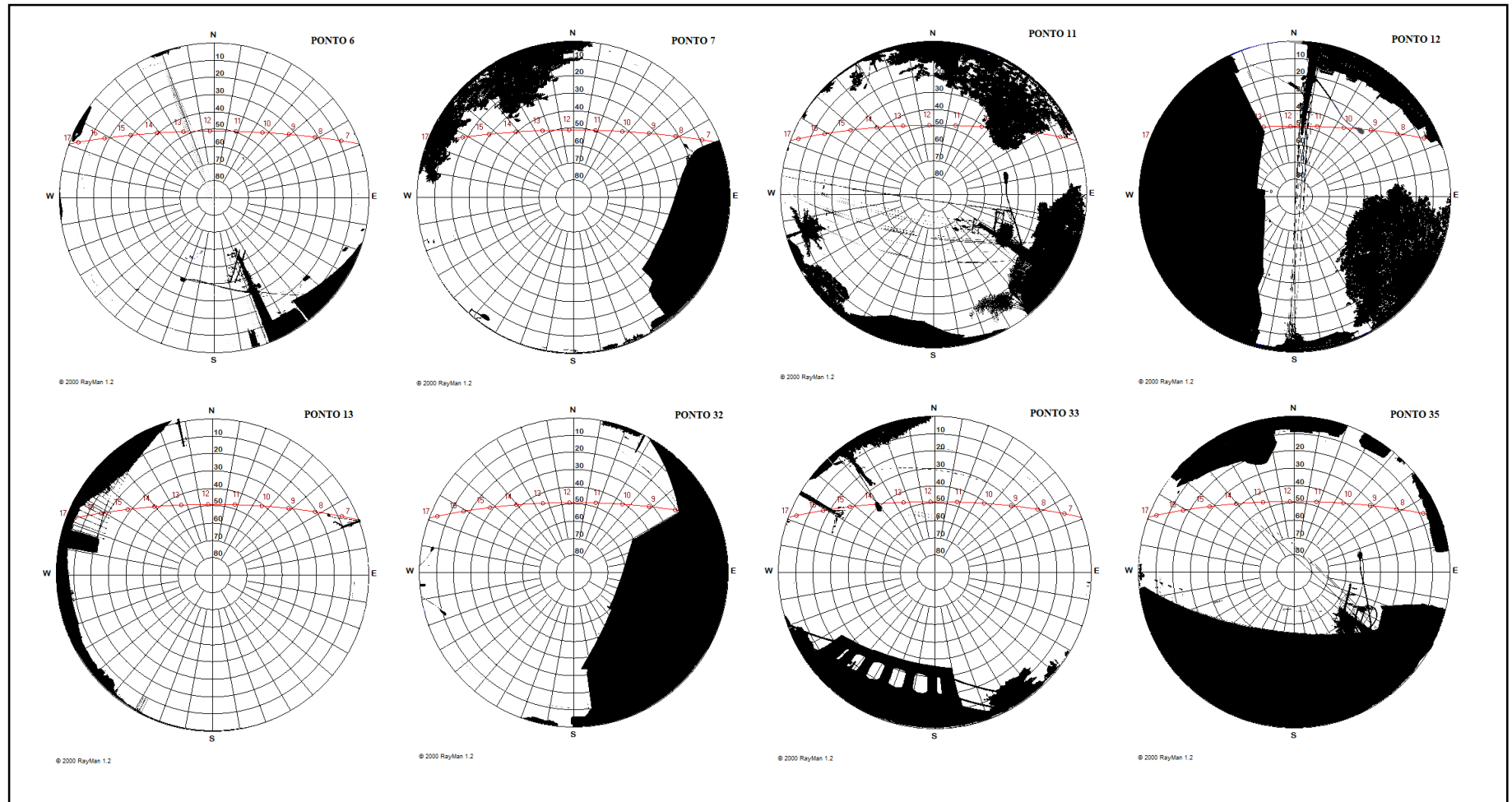
Analisando os diferentes fatores que caracterizam cada ponto, podemos fazer alguns apontamentos dos possíveis condicionantes do comportamento térmico. Nos Pontos 6 e 7 se destaca a intensidade do tráfego, pois os pontos se encontram em vias de importante circulação, em área de uso predominantemente comercial, onde o fluxo de veículos e pessoas é intenso.

Os Pontos 11 e 12 também se encontram na área comercial da cidade, apresentam grande intensidade de fluxos de veículos e pessoas e elevada densidade demográfica. No Ponto 12, o índice de SVF é de moderada obstrução da abóbada celeste e, neste sentido, as obstruções atuam como dificultadoras do processo de dispersão da energia irradiada pelas superfícies do local, gerando maior aquecimento.

Os Pontos 32 e 33 apresentam elevadas taxas de densidade demográfica e ainda estão localizados em vertentes de orientação norte e noroeste, respectivamente, recebendo maior incidência da radiação solar direta, fatores que, somados, garantem um ganho de temperatura ao longo do dia.

O Ponto 35, além de moderada obstrução da abóbada celeste com um $SVF = 0,62$, localiza-se em um dos locais de maior dinamismo na área comercial da cidade, onde os fluxos de veículos e pessoas são intensos e a densidade demográfica elevada. Os valores térmicos resultam desse combinado de fatores que contribuem para um aumento da temperatura, fazendo com que o ponto apresente o maior valor de temperatura registrada para o horário.

Figura 91 - Gráficos Polares contendo a trajetória aparente do sol.



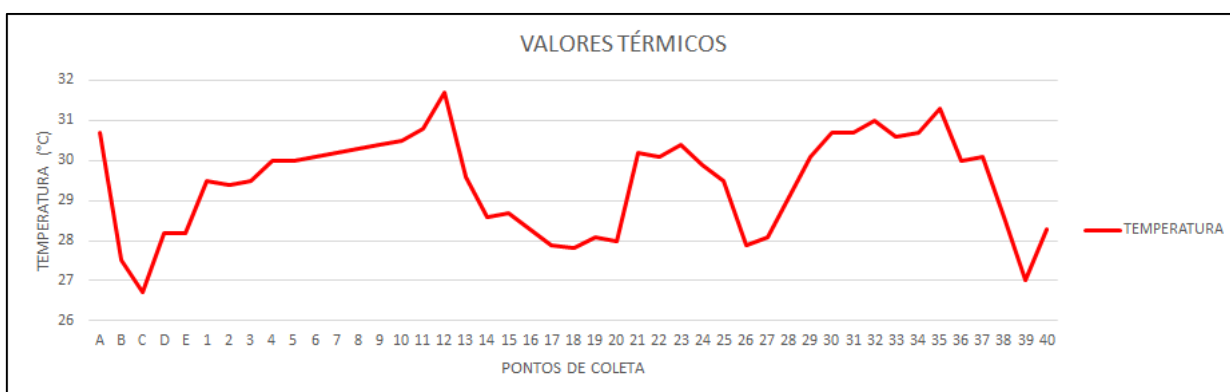
Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.4 Coleta realizada em 18 de dezembro de 2017 às 19h00min – Episódio de Primavera

A coleta de dados realizada no período noturno às 19h00min⁹ revelou a ocorrência de uma variação térmica de 5°C dentro da área urbana de Ponte Nova. A mínima temperatura registrada foi de 26,7°C no Ponto C e a máxima de 31,7°C no Ponto 12.

Os Pontos B, 17, 18, 26 e 39, juntamente com o Ponto C, representam as menores taxas de temperatura registradas. As temperaturas nestes pontos variaram entre 27°C e 27,9°C (Figura 92).

Figura 92 - Valores Térmicos (Transects 18/12/2017 - 19h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

A espacialização do campo térmico (Figura 93) indica a ocorrência de áreas de menores temperaturas na porção sul, no entorno do Ponto 26; norte, no entorno dos Pontos 39 e 17; a noroeste, no entorno dos Pontos 18 e B; e a nordeste, no entorno do Ponto C.

A correlação linear dos fatores com a temperatura pode ser verificada na Tabela 25.

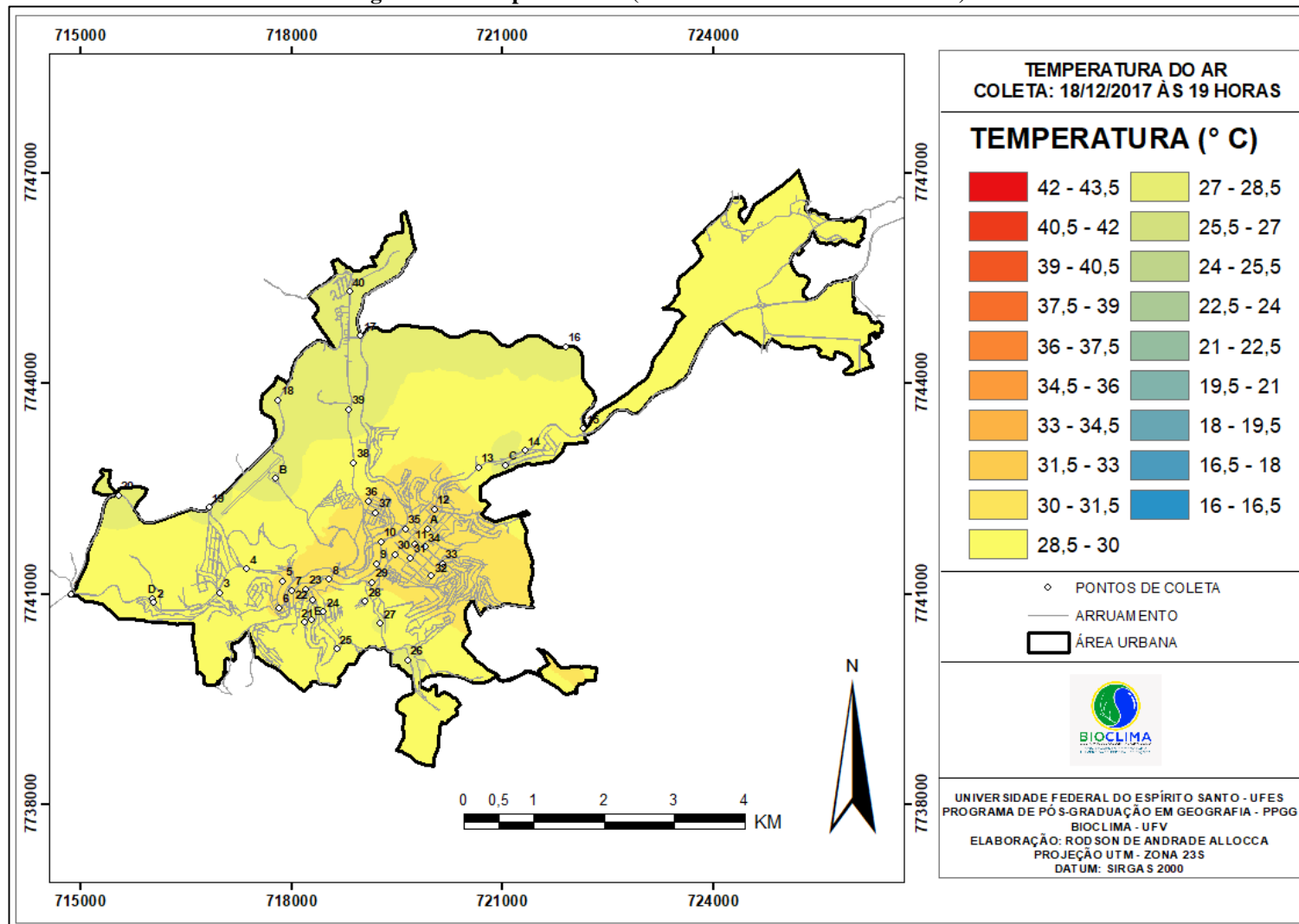
Tabela 25 - Correlação Linear de Pearson entre Fatores e Temperatura.

Correlação de Pearson		
Fatores	r	Classificação
Altimetria	-0,20164	FRACA
Radiação Global	-0,39768	MÉDIA
Tempo de Radiação	0,73913	FORTE
SVF	0,919316	FORTÍSSIMA
Densidade Demográfica	-0,56191	MÉDIA

Fonte: elaborada pelo autor.

⁹ Adaptação em função vigência do horário de verão.

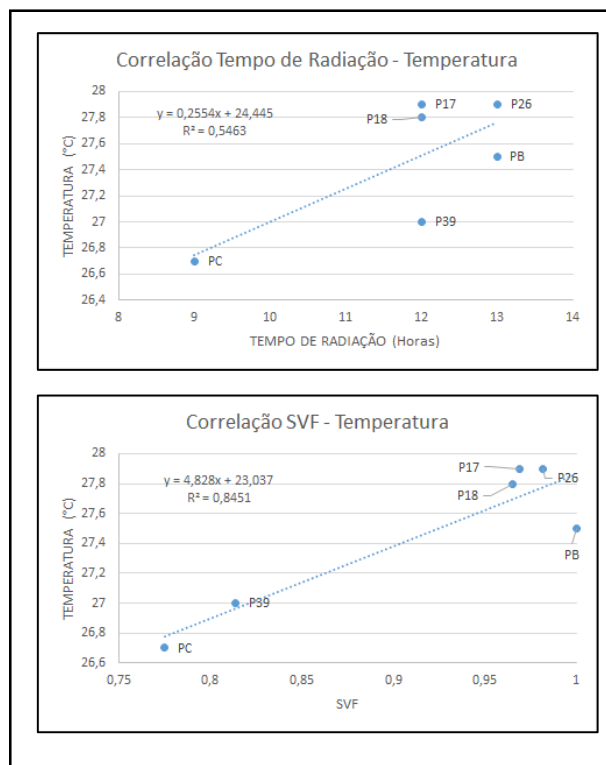
Figura 93 - Campo Térmico (Transects 18/12/2017 - 19h00min).



Fonte: elaborado pelo autor.

O tempo de radiação apresentou correlação forte positiva e o SVF apresentou fortíssima correlação positiva com a temperatura. O coeficiente de determinação “R²” foi mais representativo para o SVF, conforme pode ser observado nos gráficos de dispersão (Figura 94).

Figura 94 - Correlação Fatores – Temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os pontos onde as menores temperaturas foram registradas estão localizados afastados da porção central da área urbana. Os Pontos 18 e B encontram-se em áreas onde o uso e cobertura da terra estão associados a pastagens (superfície onde o processo de aquecimento e resfriamento são relativamente rápidos), onde não há uso residencial e, portanto, apresentam ausência de adensamento urbano e baixa densidade demográfica. Possuem um SVF elevado, de 0,965 e 1, respectivamente. Por não apresentarem obstrução da abóbada celeste, o processo de dispersão do calor é facilitado, reduzindo os valores térmicos.

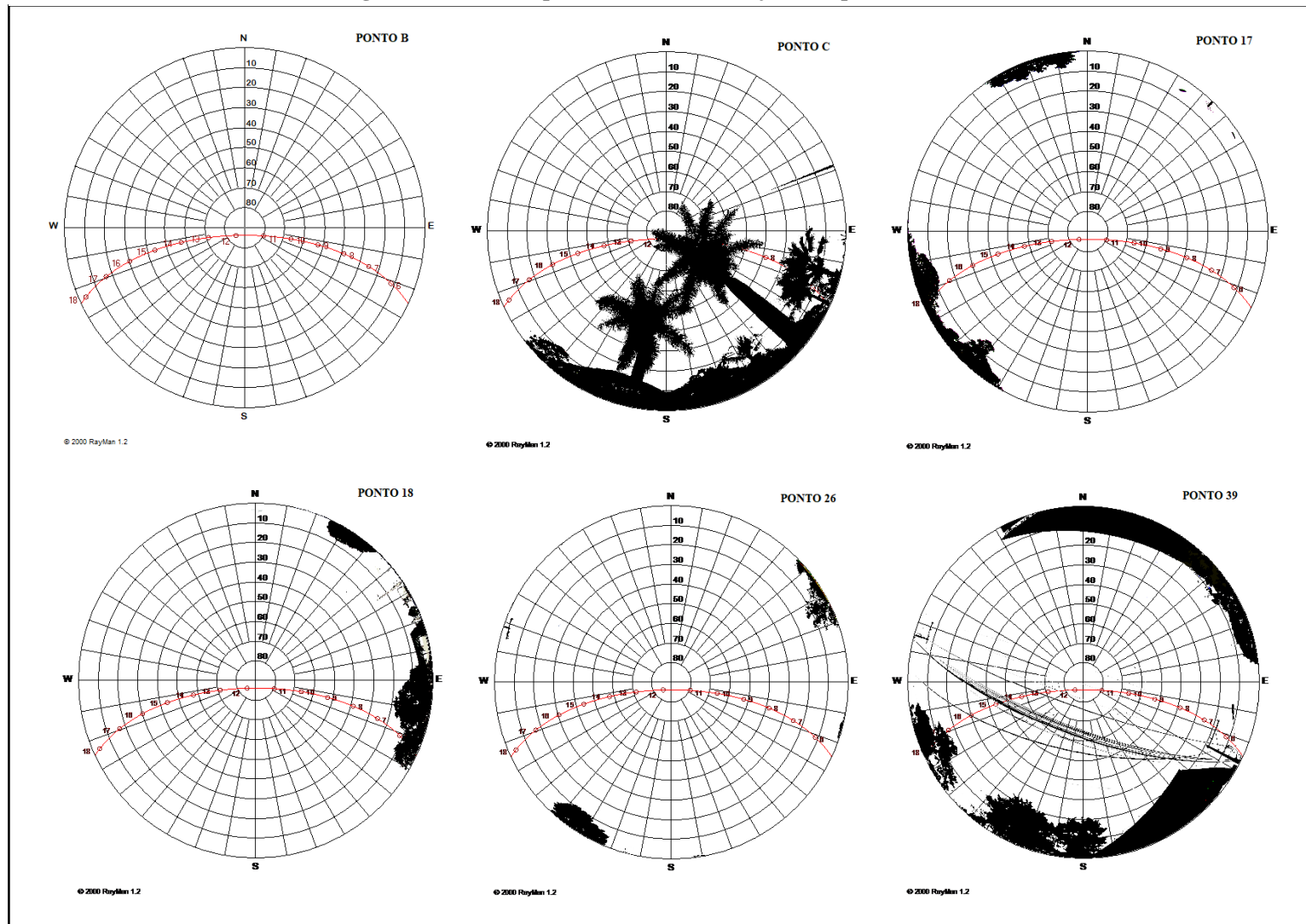
Os Pontos 39 e 17 encontram-se no fundo de vale e, em função do relevo, sofrem influência da circulação da brisa fria de encosta, gerando resfriamento dos locais onde estão inseridos. Não há, nesses locais, grande adensamento urbano e a densidade demográfica também é baixa.

O Ponto 14, por sua vez, encontra-se em cota altimétrica mais elevada e em ambiente próximo à vegetação, mas em área de uso residencial. O padrão de adensamento urbano é baixo,

assim como a densidade demográfica no local, fatores que contribuem para que ocorram temperaturas mais baixas pela ausência da produção de calor antropogênico.

Observando-se os gráficos polares (Figura 95), podemos constatar que em todos os pontos os valores de SVF são elevados. Neste sentido, a associação entre o elevado SVF e o baixo adensamento urbano contribuem para que a irradiação aconteça sem grandes obstáculos, gerando melhores condições para o resfriamento.

Figura 95 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

Na espacialização do campo térmico, conforme observado na Figura 93, fica demonstrada a formação de um pronunciado núcleo aquecido ocupando grande parte da área central da mancha urbana. Dentro desta área de maior aquecimento, encontram-se 20 pontos dos 45 pontos de coleta utilizados na pesquisa.

A altimetria, o tempo de radiação e o SVF apresentaram correlação linear média inversa. A baixa correlação entre os fatores indica a complexidade na determinação do peso que cada um tem no comportamento da temperatura. Os coeficientes de determinação “R²” foram classificados como fracos e os gráficos de dispersão foram suprimidos.

Dentre os pontos aquecidos, os Pontos 32, 35 e 12 destacam-se por apresentarem as três temperaturas mais elevadas. No entorno desses pontos foi possível observar o delineamento de núcleos ainda mais aquecidos.

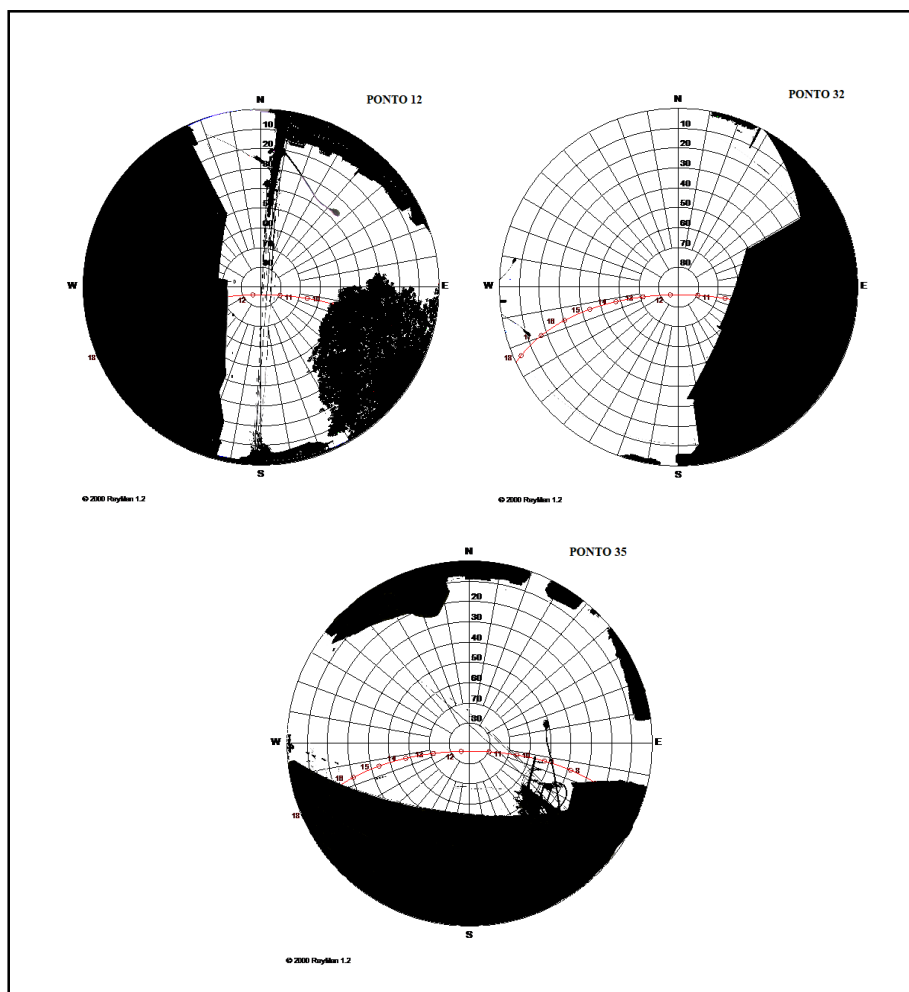
A disposição desses pontos na área urbana é coincidente com as áreas de maior dinamismo. Os Pontos 12 e 35 estão na área comercial e o Ponto 32, embora fora da área comercial, situa-se em uma área de elevada densidade demográfica.

Analisando os gráficos polares (Figura 96) podemos perceber que o Ponto 12 recebe menos radiação direta que os demais, contudo destaca-se pelo grande fluxo de veículos e pessoas no local, pois está situado em frente ao hospital de maior movimento da cidade. Nota-se, ainda, que a abóbada celeste nesse ponto possui obstrução moderada, favorecendo o armazenamento do calor antropogênico gerado no local ao longo do dia.

No Ponto 32 a orientação da encosta voltada para noroeste favorece a dinâmica de aquecimento. A perda de calor é mais lenta, possivelmente, por causa da maior densidade demográfica e também pela proximidade das construções que, durante o dia, armazenaram calor.

O Ponto 35 também se destaca pelo grande fluxo de pessoas e veículos. Situa-se em uma importante via de circulação da área comercial da cidade, em frente a um supermercado de grande movimentação. Recebe radiação solar direta durante a maior parte do dia e possui SVF moderado, favorecendo a ocorrência de menor taxa de dissipação do calor que foi acumulado.

Figura 96 - Gráficos polares contendo a trajetória aparente do sol.



Fonte: elaborado pelo autor.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima urbano é resultante da participação de diferentes fenômenos. As diferenças térmicas, segundo Jardim (2010, p. 17) podem derivar da interação entre vários componentes do ambiente (altitude, orientação e exposição de vertentes, dimensionamento dos vales, densidade de edifícios, sistemas atmosféricos, etc.).

Frequentemente, os estudos de clima urbano indicam que, em grande medida, as causas dos fenômenos e anomalias climáticas derivam das alterações do meio natural, como uma consequência do próprio movimento de expansão da mancha urbana das cidades. Contudo, é importante ressaltar que, segundo Jardim (2010), o “natural” não deixa de existir mesmo em meio a essas transformações. Desse modo, a não consideração dos fatores de ordem natural podem dificultar o entendimento das dinâmicas do clima nas cidades.

Ao analisar o clima de uma cidade é importante que os vários aspectos do ambiente (estrutura urbana e sítio) sejam levados em consideração. É preciso articular diferentes perspectivas para que se evidencie todo o dinamismo e complexidade que perpassam a caracterização climática, sendo esse ponto de discussão uma carência em grande parte dos trabalhos desenvolvidos por diferentes pesquisadores. Segundo Fialho (2010, p. 52) “o entendimento de como se formam as condições climáticas urbanas, derivadas da heterogeneidade tanto do sítio quanto da estruturação e funcionalidade urbanas, carece ainda mais atenção dos estudiosos do clima das cidades”.

Neste sentido, ainda que de forma inicial, as análises levaram em consideração os múltiplos fatores de influência na configuração do campo térmico. Os resultados apontaram uma grande variação de temperatura na área pesquisada e, na Tabela 26, é possível observar as diferenças térmicas registradas em cada episódio, assim como o sistema atmosférico atuante.

Na área urbana de Ponte Nova, o sítio exerce grande influência. As diferenças na morfologia local atuam na circulação terciária, nos valores térmicos em função das diferenças altimétricas, assim como, pela variação da geometria dos vales e orientação das encostas, gerando implicações nos processos de entrada e saída da radiação, condicionando o balanço de energia.

Nos episódios de verão e inverno pôde ser notada a atuação de brisa de montanha em alguns trechos de vale (Pontos 27, 28, 38, 39 e 40), garantindo que nos pontos mais baixos do relevo, sobretudo naqueles associados ao fundo do vale do Rio Piranga, pudessem ser originadas condições de menor aquecimento.

A presença encostas orientadas para diferentes quadrantes (com direções predominantes orientadas para noroeste, norte, nordeste), somada às variações de declividade e altimetria, implicaram em dinâmicas distintas de aquecimento. Tal dinamismo está condicionado, em grande medida, pelo efeito do sombreamento gerado pelas encostas adjacentes em determinados pontos. Esse fato, traz implicações no balanço de radiação e, conseqüentemente, nos valores térmicos mensurados, pois os pontos sombreados apresentavam valores menores de temperatura.

Tabela 26 - Variação da diferença térmica e dos sistemas atmosféricos atuantes por episódio.

Data	Estação do ano	Período	Tempo gasto no percurso	Tempo presente	Diferença térmica (máx. – mín.)
18/03/2017	Verão	Manhã	02h29min	AQPF	5,7 °C
		Tarde	02h10min	AQPF	9,0 °C
		Noite	02h00min	AQPF	6,9 °C
12/05/2017	Outono	Noite	01h57min	mPa	4,1 °C
27/07/2017	Inverno	Manhã	02h10min	mPa	13,8 °C
		Tarde	02h08min	mPa	9,2 °C
		Noite	01h57min	mPa	5,0 °C
18/12/2017	Primavera	Noite	01h54min	mPaT	5,0 °C

Fonte: elaborada pelo autor.

Legenda:

AQPF – aquecimento pré-frontal.

mPa – massa polar atlântica.

mPaT – massa polar atlântica tropicalizada.

Nos episódios de coleta realizados durante o período da manhã no verão e no inverno, a espacialização do campo térmico demonstrou ocorrência de menores temperaturas em alguns pontos situados no fundo do vale e um aumento da temperatura de acordo com a elevação das altitudes, indicando a ocorrência de inversão térmica.

No verão, sob atuação de um sistema de aquecimento pré-frontal (AQPF), as porções ao sul e ao norte da área urbana apresentaram valores térmicos mais baixos nos pontos situados nos fundos dos vales do Rio Piranga e do Ribeirão Vau-açu. No episódio de inverno, a Massa Polar Atlântica atuou e, novamente, a porção norte se apresentou mais fria, porém a porção sul da área urbana não apresentou o mesmo comportamento.

O curso do rio principal que corta a área urbana não é retilíneo, apresenta variações de direção e, possivelmente, em razão de sua disposição, alterando a orientação do vale, a

observação da ocorrência da inversão térmica não se deu ao longo de todo seu traçado pelo trecho urbano. A presença desses cursos d'água, que cortam a cidade (Rio Piranga e Ribeirão Vau-açu), gerou um efeito de arrefecimento do ar nas primeiras horas da manhã, potencializando o efeito da inversão térmica. Contudo, esse efeito de manter as temperaturas mais baixas foi notado nas áreas de menor adensamento urbano, à medida em que o número de edificações aumentava nas proximidades do rio, a capacidade de arrefecimento diminuía.

A utilização da técnica de *Sky View Factor* (SVF) possibilitou a constatação de que na maioria dos pontos de coleta de dados na área urbana de Ponte Nova, as obstruções da abóbada celeste não são capazes de gerar grande influência no processo de entrada de radiação solar direta, uma vez que, em função da trajetória aparente do sol, os pontos recebem essa radiação desde as primeiras horas da manhã.

Os baixos índices de obstrução da abóbada celeste, obtidos pela aplicação da técnica de SVF, estão ligados ao fato da cidade de Ponte Nova ainda não apresentar elevado grau de verticalização. Contudo, quando consideramos o balanço de radiação nos pontos, as obstruções tendem a gerar certa influência, pois vão condicionar a reemissão da radiação, alterando a dinâmica de dispersão da energia térmica.

A influência do SVF na determinação das características termohigrométricas intraurbanas pôde ser verificado por Fernandes (2015) que, ao comparar os valores de temperatura e umidade em dois pontos localizados na área central da cidade de Viçosa – MG, encontrou resultados distintos. Os dois pontos analisados apresentavam valores de SVF e altimetria semelhantes, contudo, encontravam-se em vertentes com orientação e declividade distintas o que gerava uma diferença no tempo de recebimento de radiação direta. Além disso, a trajetória aparente do sol era comprometida pela disposição das obstruções.

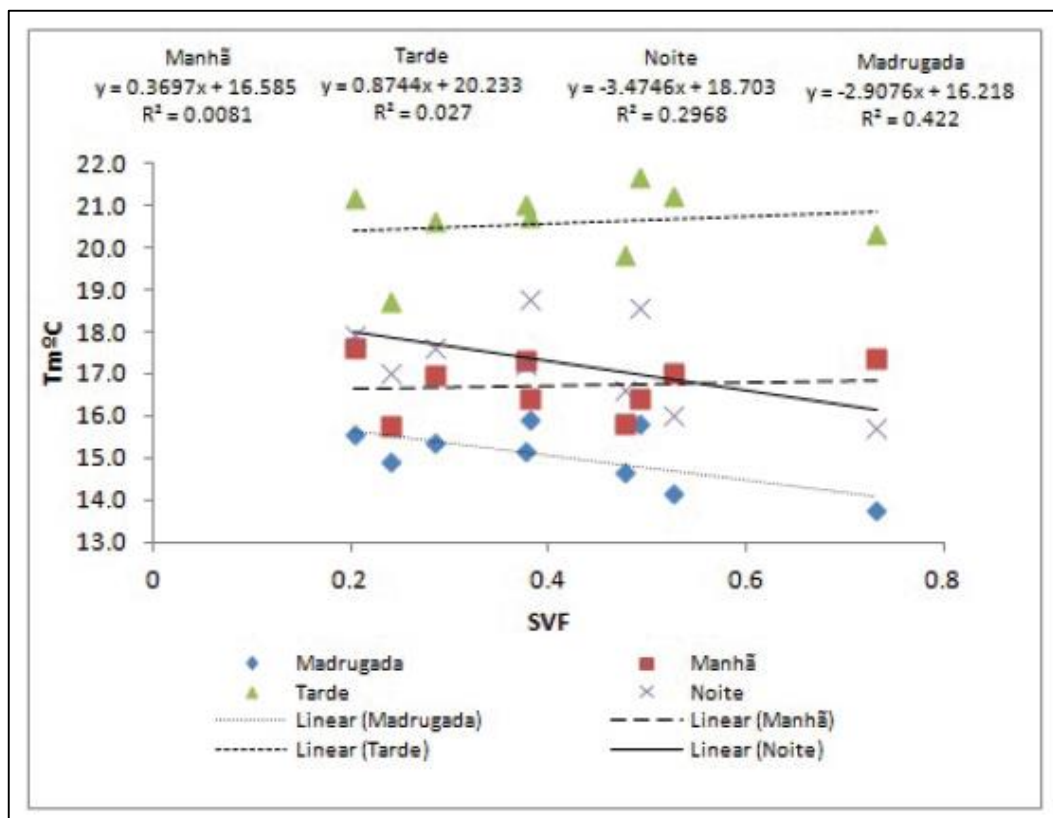
Nos resultados obtidos por Ferreira; Fialho (2016), foi encontrada correlação entre os valores térmicos e o SVF para a cidade de Viçosa, Minas Gerais. Conforme podemos observar na Figura 97, para o outono, durante a madrugada, 41% dos valores térmicos registrados podem ser explicados por essa correlação. No inverno, também durante a madrugada, 44,6% dos valores térmicos podem ser explicados por essa correlação (Figura 98). Neste sentido, pode ser demonstrado que a dispersão da energia térmica é influenciada pela geometria urbana.

A cidade de Ponte Nova e Viçosa apresentam as mesmas características gerais no que diz respeito às formas do relevo, porém, diferem-se no padrão de verticalização. Nesse sentido, os resultados encontrados por Fernandes (2015) e Ferreira e Fialho (2016) para a cidade de Viçosa, servem como referências nas análises do SVF na área urbana de Ponte Nova.

De maneira geral, na análise do campo térmico da área urbana de Ponte Nova - MG, os resultados demonstraram a ocorrência de diferenças térmicas intraurbanas expressivas (sempre acima de 5,0°C) em todos os episódios sazonais de coleta, mesmo sob a atuação de diferentes sistemas atmosféricos.

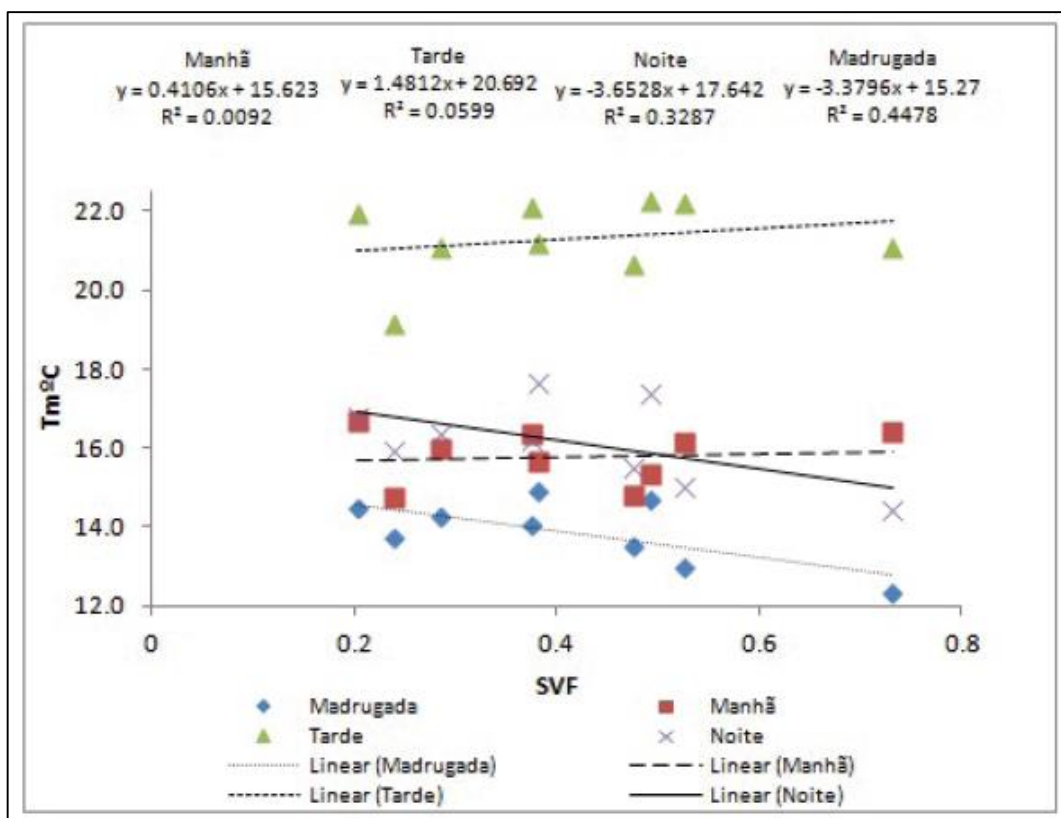
O monitoramento das temperaturas efetuado pela instalação de sensores digitais modelo datalogger (HOBO-U-012) em pontos fixos de coleta revelou que, entre os pontos, em quase todos os meses monitorados, as maiores médias de temperatura do ar foram observadas no Ponto A (Escola Nossa Senhora Auxiliadora). A possível justificativa está relacionada à sua localização em uma área de maior dinâmica, com intensos fluxos de pessoas e veículos, na área comercial e com elevada taxa de adensamento construtivo em seu entorno.

Figura 97 - Gráfico de dispersão no outono entre Tm°C e SVF (Viçosa, MG).



Fonte: Ferreira e Fialho (2016, p. 263) – Adaptado.

Figura 98 - Gráfico de dispersão no inverno entre Tm°C e SVF (Viçosa, MG).



Fonte: Ferreira e Fialho (2016, p. 263) – Adaptado.

Nos demais pontos, o comportamento da temperatura do ar foi semelhante, sem grandes variações, indicando que as características do sítio, mesmo sendo diversas, não foram capazes de gerar grandes diferenças. Outro ponto que contribui para essa constatação é o fato de que as dinâmicas de aquecimento e resfriamento diárias, observada nos pontos fixos de coleta, não apresentaram grande variação, de maneira geral, em todos os pontos, foram pequenas as diferenças entre os horários de início de ganho e perda de energia térmica.

Na utilização dos pontos fixos de coleta, foi registrada uma perda de dados, por falha em um dos equipamentos (Ponto Rasa – Hobo 38). Desse modo, optou-se pela não utilização dos registros anteriores ao incidente, efetuados pelo equipamento em questão, nas análises. Apesar do contratempo, ainda assim, a utilização da rede fixa foi de grande valia.

O uso da técnica de *transects* móveis mostrou-se viável para o levantamento dos dados de temperatura e, associada às coletas realizadas nos pontos fixos, forneceu uma população de dados bastante numerosa, possibilitando o levantamento de informações para a espacialização do campo térmico da área urbana.

Os valores térmicos registrados só foram utilizados após a correção dos dados através de uma equação experimental. A proposição de uma técnica de correção dos dados foi parte fundamental na realização da pesquisa e sua aplicação apresentou resultados satisfatórios na correção da defasagem temporal observada em função do tempo gasto na realização dos percursos dos *transects* móveis, evitando, assim, que os valores fossem superestimados ou subestimados. Optou-se pela utilização de uma correção baseada em setores de controle com o objetivo reduzir as variações das características entre os pontos móveis a serem corrigidos e o ponto fixo utilizado como referência na correção.

Na espacialização do campo térmico foram observadas variações na forma, na intensidade e nas áreas de ocorrência de maior e menor aquecimento. Foi possível observar que as áreas mais aquecidas, na maioria dos episódios analisados, associam-se às áreas mais dinâmicas da cidade.

Na interpretação dos episódios, optou-se pela utilização de uma análise estatística, com a finalidade de indicar, inicialmente, possíveis correlações entre o comportamento da temperatura e os diferentes fatores climáticos mensurados. A proposta de verificação das possíveis correlações foi complementada por uma análise empírico-descritiva.

No episódio de coleta de verão, realizado em 18/03/2017, a maior diferença térmica registrada ocorreu no horário das 15h00min, com uma variação térmica entre o Ponto 20, mais frio (33,9°C) e o Ponto 9, mais quente (42,9°C), de 9,0°C. O episódio foi marcado por um processo de aquecimento pré-frontal, que fez com que as temperaturas apresentassem uma elevação abrupta em relação aos dias anteriores.

No episódio de coleta de outono, realizado em 12/05/2017 às 18h00min, a diferença térmica registrada foi de 4,1°C, entre o Ponto D, mais frio (18,2°C), e o Ponto 35, mais quente (22,3°C). Na ocasião, as temperaturas sofreram queda por causa da chegada de uma mPa. Nesse dia a célula de alta pressão manteve condições de tempo estável.

Na coleta realizada no inverno, em 27/07/2017, a maior diferença térmica foi observada no período da manhã às 09h00min, entre o Ponto 40, mais frio (16,2°C), e o Ponto 37, mais quente (30,0°C), totalizando 13,8°C e configurando-se a maior diferença observada em todo o período do monitoramento realizado. No dia da coleta a atuação da mPa fez com que as temperaturas sofressem queda. As condições de tempo eram estáveis.

No episódio de coleta de primavera, realizado em 18/12/2017 às 19h00min, a diferença térmica registrada foi de 5,0°C e se deu entre o Ponto C, mais frio (26,7°C), e o Ponto 12, mais

quente (31,7°C). No dia da coleta ocorreu a chegada de uma mPa tropicalizada. As condições de tempo foram estáveis.

Os resultados encontrados nas análises efetuadas em Ponte Nova, mostraram-se expressivos quando comparados a outras áreas pesquisadas (Tabela 27). É válido ressaltar que mesmo em cidades de menor porte, podem ser verificadas grandes variações térmicas. As ocorrências dessas variações apresentaram maior intensidade sob atuação de dois sistemas atmosféricos, predominantemente, a Massa Polar Atlântica e a Massa Tropical Atlântica.

Dada a complexidade da relação entre os elementos e os fatores climáticos, a partir das informações geradas pelas coletas de dados, não foi possível determinar as causas exatas que justificam as diferenças encontradas no campo térmico. Afirmar a ocorrência do fenômeno de Ilha de Calor Atmosférica na área urbana de Ponte Nova pode ser um equívoco.

Conclui-se, portanto, que o urbano ainda não é capaz de gerar alterações significativas no comportamento do clima local de Ponte Nova. Confirmando tal inferência, Jardim (2010, p. 17) aponta que nem sempre as diferenciações térmicas e outros fenômenos seriam gerados no interior do “Sistema Clima Urbano”, mesmo que estejam sediados no interior das cidades. Para o autor, “eles se tornam urbanos à medida que se integram as cidades, através da sua frequência, duração, intensidade, relação com outros fatores e fenômenos e impactos produzidos.”.

Tabela 27 - Comparativo de diferenças térmicas entre cidades

Área	Técnica	População	Sistema Atmosférico	Diferença Máxima
Agudo-RS	<i>Transects Móveis</i>	16.722	mPa	8,0 °C
Assis-SP	Pontos Fixos de coleta	95.144	mTa	8,0 °C
Cândido da Mota-SP	<i>Transects Móveis</i>	29.844	mTa	5,7 °C
Viçosa-MG	<i>Transects Móveis</i>	70.704	mTa	4,7 °C
Ponte Nova - MG	Pontos Fixos e <i>Transects Móveis</i>	57.390	mPa	13,8 °C

Organizado pelo autor.

Contudo, pelas articulações entre os fatores da análise, não se pode descartar a possibilidade de que, as ações humanas exerçam certo grau de influência nos valores térmicos observados. Acredita-se que o crescimento urbano, sem o devido planejamento, pode, nas próximas décadas, alterar esse cenário, gerando degradação ambiental e da qualidade de vida dos habitantes citadinos, evidenciando a relação dinâmica entre a cidade e o clima. Como

salienta Mendonça (2015, p. 94) “a degradação ambiental e a queda da qualidade de vida nas cidades [...] se agravam à proporção que a urbanização se intensifica”.

Espera-se que a continuidade desta pesquisa possa trazer novos elementos afim de melhor delinear o papel de cada fator na geração do comportamento térmico na área urbana pesquisada.

Os resultados iniciais sobre o clima na área urbana de Ponte Nova aqui apresentados podem ser úteis e contribuir para a elaboração de ações para um planejamento do espaço urbano municipal. Desse modo, fica indicada a demanda por maior aprofundamento da temática e também por novos desdobramentos dessa pesquisa.

7. BIBLIOGRAFIA

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.
- ACIOLY, Claudio. Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana. Tradução de Claudio Acioly e Forbes Davidson. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.
- ALCOFORADO, M. J. Aplicação da climatologia ao planejamento urbano. Alguns apontamentos. **Finisterra**, Lisboa, v. 67-68, 1999, p. 83-94.
- ALVES, R de S. **Interações entre fatores e elementos do clima no percurso Ponte Nova – Viçosa – Ubá, Zona da Mata Mineira: identificação de diferentes ambientes termohigrométricos**. 79f. Dissertação (Monografia em Geografia). Departamento de Artes e Humanidades – Curso de Geografia, UFV, 2015.
- ALVES, W. S., MARIANO, Z. F. A influência dos fatores geocológicos e geourbanos no clima urbano de Iporá-GO: uma análise a partir dos métodos de correlação e regressão linear. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, Ano 12 – Vol. 19 – Jul/Dez 2016.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e Gestão do Espaço Urbano. **Revista Mercator**, Fortaleza. Número especial, 2010, p. 71-90.
- ASSIS, W. L. **O Sistema Clima Urbano do Município de Belo Horizonte da Perspectiva Têmporo-Espacial**. 2010. 299 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**; tradução de Maria Juraci Zani dos santos. 15ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1986.
- BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2º reimpressão. São Paulo: Contexto, 2015, p. 121– 153.
- BRÚSSOLO, R. G.; ELY, D. F. O clima e a cidade: ilhas de calor em Assis (SP). **Revista Formação**, n.22, volume 2, 2015, p. 99-127.
- CHAPMAN, L.; THORNES, J. Real-Time Sky-View Factor Calculation and Approximation. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology** - J ATMOS OCEAN TECHNOL. 21. 10.1175/1520-0426(2004).
- COELHO, A. L. N. **O Histórico da Ocupação e Impactos Socioambientais no Eixo Norte da RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte) em Áreas do Município de Ribeirão das Neves – MG**. (dissertação de mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte 2003.
- CORREA, Wesley S.C. **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória (ES)** / Wesley de Souza Campos Correa. – 2014.165 f. : il.

COSTA, A. C. L. da; MATTOS A. Estudo da ilha de calor urbana em cidade de grande porte na região Equatorial. **X Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Brasília – DF, 1998.

COLLISCHONN, E.; FERREIRA, C. V. O. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em Pelotas/RS, Brasil. **Geographia Meridionalis**, 1(1), p.160-178, 2015.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. Procedimentos de Aferição de Termômetros Utilizados em Trabalhos de Campo de Climatologia Geográfica. **RA EGA (UFPR)**, Curitiba, v. 6, p. 75-80, 2002.

DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO DA MARINHA DO BRASIL (DHN). Disponível em: <http://www.dhn.mar.mil.br/>.

FERNANDES, L. A. Ambientes urbanos e fatores naturais na conformação das condições climáticas no período de inverno em Viçosa/MG. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 366-380, jul./dez. 2015.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: estudo da área central do município de Viçosa-MG em episódios de outono e inverno/2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 34, n. 1, p. 1-25, 2016.

FIALHO, Edson Soares. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira**. 2009. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.8.2009.tde-22022010-154045.

FIALHO, E. S. Ilhas de Calor: reflexões acerca de um conceito. **Acta Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R.; ALVES, R. S.; MIRANDA, J. D. E. O campo térmico em situação sazonal de verão no município de Viçosa-MG. **Revista Geografia(s)**, Belo Horizonte-MG. Edição Especial, p. 80-98, 2015.

FIALHO, E. S. Unidades Climáticas Urbanas: O caso da Ilha do Governador- RJ. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 10, n. 1, p. 26-46, jan./jun., 2010.

FIALHO, E. S.; PAULO, M. L. S. Clima e sítio: a variabilidade termohigronométrica, ao longo do transeito Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (orgs.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 1ªed. Dourados (MS): Editora da UFGD, p.107-127, 2014.

FRESCA, T. M. Em defesa dos estudos das cidades pequenas no ensino da Geografia. **Revista Geografia**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 27-34, 2001. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/viewFile/10212/9028>

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. 2º ed. London: Applied Science, 1981. p. 311-317

GEIGER, R. **Influências das formas do relevo no microclima**. In: Manual de microclimatologia: o clima da camada de ar junto ao solo. Lisboa: Fundação Caloust Gulbenkian, 1980. p. 382-474.

HATHWAY, E.A., SHARPLES, S. The interaction of rivers and urban from mitigating the urban heat island effect: a UK case study. **Build Environ.** 58, 14–22, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 10 mar. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 9-25, jan./jun. 2010.

JUNIOR, E. P. A ilha de calor das cidades: Fatores e Atributos. **Boletim Geográfico**, ano 34, nº 249, IBGE, Rio de Janeiro, 1976.

JÚNIOR, J. C. U.; AMORIM, M. C. de C. T. Reflexões acerca do Sistema Clima Urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia - Universidade de São Paulo**. Volume Especial. p. 160-173. 2016.

KLEGER, J. J. **O clima de cidades pequenas: configuração urbano – rural com o uso de transectos móveis em Agudo/RS**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016; 135p.

LANDSBERG, H.E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 95-111, may 2011. ISSN 2236-2878. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47269/51005>>. Acesso em: 07 sep. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.7154/rdg.v0i18.73>.

LOPES, L. C. S; JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geografica**, v.1, p.205-221, 2012.

LUCENA, A. J. **A Ilha de calor na região metropolitana do Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2012. 473f.

LUCENA, A. J. **Notas conceituais e metodológicas em clima urbano e ilhas de calor**. Revista Continentes (UFRRJ), ano 2, n.2, 2013.

LUCENA, A. J. **O campo térmico na Zona oeste do Rio de Janeiro: uma contribuição ao estudo do clima urbano**. 143f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Tecnologia e Ciências – Instituto de Geociências – Programa de Pós Graduação em Geografia da UERJ, Rio de Janeiro, 2005.

MARCHI, O. A. M.; CALIJURI, M. L.; COSTA, S. H. G.; LUGÃO, W. G.; SOUZA, P. J. A.; Leitura e Caracterização da Paisagem em Auxílio ao Planejamento da Ocupação Urbana de Ponte Nova – MG. **Natureza & Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 41-50, 2005.

MARTÍNEZ, J. M. Estudio de la isla de calor de la ciudad de Alicante. **Investigaciones Geográficas**. Instituto Interuniversitario de Geografía – Universidade de Alicante. Dez.2014.

MENDONÇA, F. de A. **O clima e o planejamento urbano de cidade de porte médio e pequeno: proposição metodológica para estudo e aplicação a cidade de Londrina, PR**. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1995. 322p.

MENDONÇA, F. *et al.* (Organizadores). **Clima Urbano**. – 2.ed., 2ª reimpressão. – São Paulo: Contexto, 2015.

MENDONÇA, F., DANNI-OLIVERIA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Editora Oficina de texto. São Paulo. 2007. 206p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA F. de A. (ORG). **Clima urbano**, 2. ed., 2º reimpressão. São Paulo: Contexto, 2015, p 9 – 68.

MOREIRA JUNIOR, O. As cidades pequenas na geografia brasileira: a construção de uma agenda de pesquisa. **GEOUSP: Espaço E Tempo (Online)**, (35), 19-33; Ano: 2013.

MURAKAWA, S.; SEKINE, T.; NARITA, K.; NISHINA, D. Study of the Effects of a river on the thermal environment in an urban Area. **Energy and Buildings**. 16. 993–1001. 10.1016/0378-7788(91)90094-J., 1991.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989, 422 p.

NUNES, W. A. G. A.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; GOMES, F. H. Relação solo-paisagem-material de origem e gênese de alguns solos no domínio do “Mar de Morros”, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 25, p. 341-354, 2001.

OKE, T. R. **Review of urban climatology: 1963-1973**. T. Note, 1974 v.134.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Disponível em: <http://www.un.org/en/index.html>.

PAULO, M. S. L. **O comportamento termo-higrométrico do ar associado à altitude e sistemas sinóticos atuantes no percurso Ponte Nova/Ubá, na Zona da Mata Mineira, no período de novembro de 2013 a agosto de 2014**. Banco de monografias Departamento de Geografia da UFV-MG. Viçosa-MG. 2017.

ORTIZ PORANGABA, G.F. **O clima urbano das cidades do interior do estado de São Paulo: uma análise do campo térmico de Assis, Cândido Mota, Maracá e Tarumã.** 2015. xix, 354 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/135915>>.

PRADO, L.B; FERNANDES, L.A; FIALHO, E.S.; A variação da temperatura do ar, ao longo do percurso Ponte Nova-Ubá – MG (Brasil) nos anos de 2014 e 2015. **Cadernos de Geografia** nº 37, 2018. Coimbra, FLUC – pp. 55 – 59.

QUINA, R.R. **Análise da influência de condicionantes geoambientais e urbanos sobre o comportamento térmico do município de Viçosa-MG, durante o período de verão de 2014/15 e inverno de 2015.** Banco de monografias Departamento de Geografia da UFV-MG. Viçosa-MG. 2015.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** São Paulo -SP, HUCITEC.P. 80. 1991.

SARAIVA, A. L. B. C. **O clima urbano de Mossoró (RN): o subsistema termodinâmico /** Ana Luiza Bezerra da Costa Saraiva. – 2014, 234 f. : il.

SILVA, L. F. **Estudo do campo térmico da cidade de São Carlos (SP) em episódio climático de inverno.** Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011; 120 f.

SILVA, V. A. M. I. **Influência da cobertura do céu na estimativa da Radiação Solar utilizando modelo digital de elevação.** Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011; 73f.

STEFFENS, A.C.; CINTIA, M.; HERNÁNDEZ, J.; NAVARRETTE, G.; La Isla de calor en estival em Temuco, Chile. **Papeles de Geografía**, 33 (2001), 49-60.

YOSHINO, M. M. **Development of urban Climatology and problems today.** Energy and Building, 15-16, (1990-1991). p.1-10.